



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE SOLOS E ENGENHARIA RURAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO**



**QUALIDADE DO SOLO EM AGROECOSSISTEMAS DA REGIÃO SEMIÁRIDA DO
ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE**

Joaquim Emanuel Fernandes Gondim

**AREIA-PB
NOVEMBRO – 2018**

JOAQUIM EMANUEL FERNANDES GONDIM

**QUALIDADE DO SOLO EM AGROECOSSISTEMAS DA REGIÃO SEMIÁRIDA DO
ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal da Paraíba, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciência do Solo. Área de concentração: Solos em Ecossistemas Agrícolas e Naturais.

Orientador: Prof. Djail Santos, PhD.

**AREIA-PB
NOVEMBRO 2018**

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

G637q Gondim, Joaquim Emanuel Fernandes.

Qualidade do solo em agroecossistemas da região
semiárida do estado do Rio Grande do Norte / Joaquim
Emanuel Fernandes Gondim. - Areia, 2018.

90 f. : il.

Orientação: Djail Santos.

Dissertação (Mestrado) - UFPB/CCA.

1. Atributos de solos, Classes de solos, Semiárido. 2.
Macrofauna do Solo. I. Santos, Djail. II. Título.

UFPB/CCA-AREIA

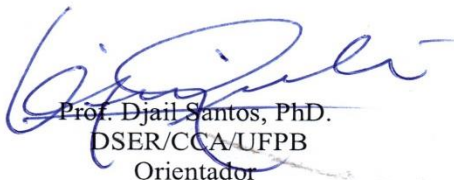
JOAQUIM EMANUEL FERNANDES GONDIM

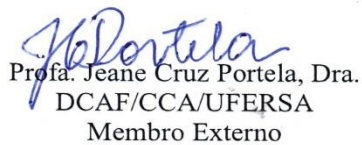
**QUALIDADE DO SOLO EM AGROECOSSISTEMAS DA REGIÃO SEMIÁRIDA
DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal da Paraíba, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciência do Solo. Área de concentração: Solos em Ecossistemas Agrícolas e Naturais.

Aprovada em 14/11/2018

BANCA EXAMINADORA


Prof. Djail Santos, PhD.
DSER/CCA/UFPB
Orientador


Profa. Jeane Cruz Portela, Dra.
DCAF/CCA/UFERSA
Membro Externo


Tancredo Augusto Feitosa de Souza, Dr.
PNPD/PPGCS/CCA/UFPB
Membro Interno

AGRADECIMENTOS

A Deus, criador divino do majestoso universo, força maior e substancial que nos rege, guarda e protege, minha gratidão.

A meus pais Maria do Amparo de Freitas e Damião Lúcio Gondim, por todos os cuidados para comigo. Aos meus tios (as) e primos (as).

Ao meu orientador Professor Dr. Djail Santos, pelo ser humano bondoso, paciente, compreensivo, e por todos os ensinamentos compartilhados ao longo desta jornada. Minha profunda e eterna gratidão.

À Professora Dra. Jeane Cruz Portela, ser humano de luz e paz que emana boas energias, pelo acolhimento em todos os momentos de minha vida, ensinamentos, compreensão e esforços desmedidos para a concretização desse sonho, minha profunda e eterna gratidão. Ao Professor Dr. Francisco Ernesto Sobrinho, pela descrição com maestria e boa vontade dos perfis de solo. A Thais Cristina de Souza Lopes pelas importantes contribuições na análise estatística.

À todos que compõem a equipe “Tenda” em especial ao Dr. Tancredo Augusto Feitosa de Souza, pelas importantes contribuições em todas as etapas desse trabalho, minha gratidão por tudo, bem como Lucas Sombra, Ronaldo Bernardino, Luan Nunes, Karla Selene e Ednaldo da Silva.

À Universidade Federal da Paraíba (UFPB) e ao corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, pela oportunidade do curso de Mestrado e conhecimentos compartilhados. Ao complexo de Laboratórios de Análise de Solo, Água e Planta (LASAP) da Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA) pela concessão de realização das análises laboratoriais.

Aos colegas do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da UFPB, Leovânio Rodrigues Barbosa, Fernando Julião de Medeiros Júnior, José Flávio Cardoso Zuza, Samuel Inocêncio, Marco Aurélio Barbosa Alves, Edjane Oliveira de Lucena, Danillo Dutra Tavares, Liliane da Silva Soares e em especial, a Safira Yara Azevedo Medeiros da Silva pela irmandade e apoio sempre presente.

Aos camponeses do Assentamento Moacir Lucena, Apodi-RN, pela acolhida e disponibilidade para a realização da pesquisa, bem como a contribuição dada em todas as etapas de campo.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa. A todos que direta ou indiretamente tornaram possível a realização desse sonho pois ninguém vence sozinho.

SUMÁRIO	Página
LISTA DE TABELAS.....	viii
LISTA DE FIGURAS.....	x
RESUMO GERAL.....	xii
MAIN ABSTRACT.....	xiii
1 INTRODUÇÃO GERAL.....	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	3
2.1 A Chapada do Apodi.....	3
2.2 Geologia da Chapada do Apodi.....	4
2.3 Cambissolos, Argissolos e Latossolos.....	5
2.4 Qualidade do solo.....	6
2.5 Atributos físicos e químicos e sua relação com uso e manejo do solo.....	7
2.6 Macroartrópodes edáficos do solo e seus principais agentes.....	13
2.7 Fatores que afetam os macroartrópodes no bioma Caatinga.....	16
3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	18
CAPÍTULO I - QUALIDADE FÍSICA E QUÍMICOS EM CLASSES DE SOLOS SOB AGROECOSSISTEMAS NA CHAPADA DO APODI-RN	
RESUMO.....	27
ABSTRACT.....	28
1 INTRODUÇÃO.....	29
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	30
2.1 Localização dos ambientes em estudo.....	30
2.2 Caracterização do Assentamento Moacir Lucena.....	30
2.3 Histórico dos ambientes em estudo.....	30
2.4 Amostragem dos solos.....	32
2.5 Análises físicas dos solos.....	33
2.6 Análises químicas dos solos.....	35
2.7 Análise estatística dos dados.....	35
2.8 Índices de qualidade dos solos.....	35
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	40
4 CONCLUSÕES.....	59
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	60

CAPÍTULO II – INFLUÊNCIA DOS MACROARTRÓPODES EM
AGROECOSSISTEMAS SOB CLASSES DE SOLOS NA CHAPADA DO
APODI-RN

RESUMO.....	66
ABSTRACT.....	67
1 INTRODUÇÃO.....	68
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	70
2.1 Localização dos ambientes em estudo.....	70
2.2 Caracterização do Assentamento Moacir Lucena.....	70
2.3 Histórico dos ambientes em estudo.....	71
2.4 Coleta, análise dos macroartrópodes e caracterização dos solos.....	72
2.5 Análise estatística.....	73
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	74
4 CONCLUSÕES.....	84
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	85
ANEXO I.....	88
ANEXO II.....	90

LISTA DE TABELAS

Página

CAPÍTULO I

Tabela 1. Ambientes e classes, coordenadas geográficas e histórico de uso no Assentamento Moacir Lucena Apodi-RN.....	
Tabela 2. Funções principais e indicadores de qualidade do solo.....	37
Tabela 3. Distribuição do tamanho das partículas e classificação textural, nas respectivas camadas, nos ambientes e classes de solos no Assentamento Moacir Lucena, Apodi-RN.....	40
Tabela 4. Atributos físicos médios dos solos em estudo no Assentamento Moacir Lucena, Apodi-RN.....	41
Tabela 5. Matriz de correlação de Pearson entre as variáveis dos atributos físicos estruturais dos solos nos ambientes em estudo para a camada 0,00-0,25 m, Assentamento Moacir Lucena, Apodi-RN.....	42
Tabela 6. Parâmetros das curvas de retenção de água no solo nos ambientes em estudo, Assentamento Moacir Lucena, Apodi-RN.....	50
Tabela 7. Atributos químicos médios dos solos em estudo, Assentamento Moacir Lucena, Chapada do Apodi-RN.....	51
Tabela 8. Matriz de correlação entre as variáveis dos atributos químicos dos solos nos ambientes em estudo para a camada 0,00-0,25 m Assentamento Moacir Lucena, Apodi-RN.....	52
Tabela 9. Funções principais do solo e índice de qualidade do solo (IQS) para a profundidade de 0,00-0,25 m, Assentamento Moacir Lucena, Apodi-RN.....	56

CAPÍTULO II

Tabela 1. Ambientes e classes, coordenadas geográficas e histórico no Assentamento Moacir Lucena, Apodi-RN.....	71
Tabela 2. Caracterização dos atributos físicos e químicos dos solos na camada 0,00-0,05 m nos ambientes em estudo, Assentamento Moacir Lucena, Apodi-RN.....	73
Tabela 3. Frequência de ocorrência das ordens de macroartrópodes para os ambientes e períodos de estudo, Assentamento Moacir Lucena, Apodi-RN.....	77

Tabela 4. Biomassa das ordens de macroartrópodes para os ambientes e períodos de estudo, Assentamento Moacir Lucena, Apodi-RN.....	78
Tabela 5. Índices ecológicos de diversidade de Shannon e dominância de Simpson para os ambientes e períodos em estudo, Assentamento Moacir Lucena, Apodi-RN.....	80

LISTA DE FIGURAS

Página

REFERENCIAL TEÓRICO

Figura 1. Delimitação da Chapada do Apodi abrangendo os estados do Rio Grande do Norte e do Ceará.....	32
---	----

CAPÍTULO I

Figura 1. Ambientes estudados no Assentamento Moacir Lucena, Apodi-RN 1A: (Vegetação Nativa - Latossolo Amarelo) 1B: (Agroecológico - Argissolo Amarelo) 1C: (Cultivo de Ciclo Curto - Cambissolo Háplico) e 1D: (Fruticultura - Latossolo Amarelo).....	
Figura 2. Exemplos de funções de pontuação normalizada conforme a natureza do indicador de qualidade do solo.....	39
Figura 3. Dendrogramas verticais da matriz de distâncias, pelo método de agrupamento por ligação simples.....	43
Figura 4. Distribuição da nuvem de variáveis no círculo de correlações (A e C) e distribuição da nuvem de pontos dos ambientes estudados (B e D).....	47
Figura 5. Curvas características de água no solo para os ambientes e solos em estudo: A) Ambiente de Vegetação nativa (VN - Latossolo Amarelo) B) Ambiente Agroecológico; (AA - Argissolo Amarelo) Ambiente de Cultivo de Ciclo Curto (AC - Cambissolo Háplico) e D) Ambiente de Fruticultura (AF - Latossolo Amarelo).....	48
Figura 6. Distribuição da nuvem de variáveis no círculo de correlações (A e C) e distribuição da nuvem de pontos dos ambientes estudados (B e D).....	55

CAPÍTULO II

Figura 1. Precipitação pluvial e temperatura média no município de Apodi-RN. Fonte: http://www.inmet.gov.br	70
Figura 2. Armadilhas para captura de macroartrópodes nos períodos seco (A) e chuvoso (B) nos ambientes em estudo: Vegetação nativa (VN - Latossolo Amarelo) Agroecológico (AA - Argissolo Amarelo) Cultivo de Ciclo Curto; (AC - Cambissolo Háplico) e Fruticultura (AF - Latossolo Amarelo).....	72

Figura 3. Curva de rarefação para ordens dos macroartrópodes em quatro ambientes e dois períodos de coleta, Assentamento Moacir Lucena, Apodi–RN.....	74
Figura 4. Riqueza de grupos de macroartrópodes para os ambientes e períodos de amostragem: Ambiente de Vegetação Nativa (VN - Latossolo Amarelo) Ambiente Agroecológico (AA - Argissolo Amarelo) Ambiente Cultivo de Ciclo Curto (AC - Cambissolo Háplico) e Ambiente de Fruticultura (AF - Latossolo Amarelo).....	79
Figura 5. Dendograma de similaridade com índice de Jaccard construído por meio dos dados de comunidade de macroartrópodes, obtidos em quatro ambientes e dois períodos de coleta, Assentamento Moacir Lucena, Apodi–RN.....	81
Figura 6. Análise dos componentes principais obtidos com os atributos físicos e químicos dos solos, ordens e ambientes em estudo no Assentamento Moacir Lucena, Apodi–RN.....	83

RESUMO GERAL

GONDIM, JOAQUIM EMANUEL FERNANDES. **Qualidade do solo em agroecossistemas da região semiárida do estado do Rio Grande do Norte**. Areia-PB, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba. Novembro de 2018. Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo. Orientador: Djail Santos, PhD.

Pesquisas voltadas a verificar a qualidade do solo e a comunidade de macroartrópodes em agroecossistemas na Chapada do Apodi-RN são incipientes. Face ao exposto, o presente estudo objetivou avaliar a qualidade do solo bem como a comunidade de macroartrópodes em agroecossistemas no Assentamento Moacir Lucena, Chapada do Apodi-RN. Foram realizadas aberturas de perfis de solo em quatro ambientes Vegetação Nativa (Latosolo Amarelo), Agroecológico (Argissolo Amarelo), Cultivo de Ciclo Curto (Cambissolo Háplico) e Fruticultura (Latosolo Amarelo) e coletadas amostras com estrutura deformada e não deformada em seus horizontes. Posteriormente, foram realizadas interpolações para as camadas 0,00-0,05; 0,05-0,15 e 0,15-0,25 m para análises física (granulometria, densidade do solo, DMP, DMG e retenção de água no solo) química (pH, CE, COT, macronutrientes, SB, CTC, V, PST e m) e biológica (armadilhas provid em cada ambiente nos períodos seco e chuvoso para monitorar a comunidade de macroartrópodes do solo). Foi aplicada estatística multivariada para análise dos dados. Os índices de qualidade do solo foram gerados para a camada 0,00-0,25 m, por meio de metodologia proposta por Karlen e Stott (1994). Os atributos físicos areia grossa, areia fina e areia total foram mais sensíveis na distinção dos ambientes de Vegetação Nativa e Fruticultura (Latosolos) bem como os atributos químicos carbono orgânico total, acidez potencial e alumínio. A diferenciação do Ambiente Agroecológico (Argissolo Amarelo) deu-se em função das variáveis argila e porosidade total, além da maior retenção de água na camada 0,15-0,25 m, bem como os atributos químicos sódio e porcentagem de sódio trocável. O Ambiente de Cultivo de Ciclo Curto (Cambissolo Háplico) foi discriminado pelo diâmetro médio ponderado e maiores retenções de água para as três profundidades, quanto aos atributos químicos destacaram-se cálcio, magnésio, soma de bases, capacidade de troca catiônica e potencial hidrogeniônico. Em relação a qualidade do solo os Ambientes de Cultivo de Ciclo Curto e Agroecológico apresentaram os melhores índices. A estrutura da comunidade edáfica de macroartrópodes na região da Chapada do Apodi-RN foi influenciada pelas variações sazonais, usos agrícolas e atributos físicos e químicos dos solos. De maneira geral, maior frequência de ocorrência, biomassa seca, riqueza e índices ecológicos a nível de ordem são mantidos nos ambientes Vegetação Nativa e Agroecológico no período chuvoso em detrimento a demais ambientes. Os atributos físicos ligados a estrutura do solo (DMP e Pt) bem como os atributos químicos pH, Ca, Mg e CTC influenciaram a ocorrência do grupo funcional transformadores de serrapilheira (Coleoptera) no Ambiente Cultivo de Ciclo Curto (AC - Cambissolo Háplico). O grupo funcional predador (Araneae) foi influenciado pelo carbono orgânico total e densidade do solo no Ambiente de Fruticultura (AF - Latossolo Amarelo).

Palavras-chave: Atributos de solos, Classes de solos, Semiárido, Macrofauna do Solo.

MAIN ABSTRACT

GONDIM, JOAQUIM EMANUEL FERNANDES. **Soil quality of a agroecosystems in the semi-arid region of the state Rio Grande do Norte.** Agrarian Science Center, Federal University of Paraiba, November 2018. Dissertation. Graduate Program in Soil Science. Advisor: Prof, Djail Santos, PhD.

Researches aimed to soil quality assessment and the community of macroarthropods in agroecosystems in the Apodi Plateau RN are incipient. Therefore, the present study aimed to evaluate the soil quality and the community of macroarthropods in agroecosystems of the Moacir Lucena settlement, Apodi Plateau RN. Soil profile openings were carried out in the environments of Native Vegetation (Ferralsol), Agroecological (Acrisol), Short Cycle Cultivation (Cambissol) and Fruticulture (Ferralsol), where samples with deformed structure and not deformed in its horizons were collected. Interpolations were performed in the layers 0,00-0,05 0,05-0,15 and 0,15-0,25 m for physical analysis (soil granulometric, soil density, WAD, GMD and water retention) (pH, EC, TOC, macronutrients, BS, CEC, V, PTS and m) and biological (provid traps in each environment in the dry and rainy periods to monitor the macroarthropods community of soil). Multivariate statistics was performed for data analysis. Soil quality indexes were generated for the 0,00-0,25 m layer, using a methodology proposed by Karlen and Stott (1994). The physical attributes of coarse sand, fine sand and total sand were more sensitive in the distinction between the environments of Native Vegetation and Fruticulture (Ferralsol) as well as the chemical attributes such as total organic carbon, potential acidity and aluminum. The differentiation of the Agroecological Environment (Acrisol) was given in function of the variables clay and total porosity, besides the greater water retention in the layer of 0,15-0,25 m, and also regarding the chemical attributes of sodium and exchangeable sodium percentage. The Short Cycle Cultivation environment (Cambissol) was discriminated by the average diameter and higher water retention for the three depths. Regarding the chemical attributes, stood out the calcium, magnesium, sum of base content, cation exchange capacity and hydrogen ion potential. For the soil quality, the Short Cycle and Agroecological Cultivation Environments presented the best indexes. The structure of the edaphic macroarthropod community in the Apodi Plateau RN region was influenced by seasonal variations, agricultural uses and physical and chemical attributes of the soil. In general, greater frequency of occurrence, dry biomass, richness and ecological indexes at the level of order are maintained in the Native and Agroecological Vegetation environments in the rainy season in detriment of to the other environments. The physical attributes related to soil structure (MWD and Tp) and the chemical attributes pH, Ca, Mg and CEC influenced the occurrence of the functional group litter transformes (Coleoptera) in the Short Cycle Cultivation Environment (SCC - Cambissol). The predatory functional group (Araneae) was influenced by the total organic carbon and soil density in the Fruticulture Environment (EF - Ferralsol).

Key word: Soil attributes, Soil classes, Semiarid, Soil macrofauna.

1 INTRODUÇÃO GERAL

A região semiárida do Nordeste brasileiro é uma das mais populosas do mundo, tendo como características principais a variabilidade espacial e temporal das precipitações pluviais e as elevadas taxas evapotranspiratórias. Nesta região, os recursos naturais são utilizados de forma demasiada, em decorrência da influência antrópica no meio agrícola para a obtenção de alimentos, onde busca-se cada vez mais o aumento da produtividade agrícola. Este modelo de produção agrícola vigente não favorece a conservação dos recursos naturais, comprometendo os agroecossistemas locais (NUNES et al., 2015).

Localizada na divisa entre os estados do Rio Grande do Norte e do Ceará está a Chapada do Apodi, caracterizada pela atuação da agricultura familiar inserida em assentamentos rurais, além de ser considerada uma importante cadeia na produção de grãos, apicultura e ovinocaprinocultura (PONTES et al., 2013; BRITO et al., 2017). A região também se destaca pela exploração agrícola em larga escala (fruticultura irrigada) alicerçada pelo agronegócio de exportação (PINTO et al., 2016). Além disso, contempla uma variabilidade pedológica, com distinção entre atributos físicos, químicos, mineralógicos e morfológicos (OLIVEIRA et al., 2013; GIRÃO et al., 2014).

A classe dos Cambissolos é considerada de maior ocorrência na região, derivados da formação geológica calcário Jandaíra, com boa fertilidade natural (OLIVEIRA et al., 2013). No entanto, em função da variabilidade pedológica, padrão climático, posição na paisagem também se encontram Latossolos e Argissolos, que se formaram conforme as linhas de drenagem iam se organizando (ERNESTO SOBRINHO, 1979; MOTA et al., 2008).

Diversos autores têm reportado que o manejo inadequado dos solos promove alterações nos atributos físicos e químicos, o que pode acarretar comprometimento em relação a qualidade do solo, principalmente quando são utilizadas práticas intensivas de preparo do solo associadas ao monocultivo e a remoção da vegetação nativa (GUIMARÃES et al., 2013; MOTA et al., 2015; MARINHO et al., 2016; MOTA et al., 2017; POTT et al., 2017). E estas alterações, afetam a comunidade de macroartrópodes que desempenham serviços positivos como fragmentação do material vegetal, abertura de galerias, decomposição da matéria orgânica, ciclagem de nutrientes, predação e regulação de outros macroartrópodes, atuando dessa forma na manutenção da qualidade do solo nos agroecossistemas (ROSA et al., 2015; SOUZA et al., 2016; LAVELLE et al., 2016).

Em virtude dos fatos acima supracitados, verifica-se que poucos são os trabalhos que se atentam a estudar a qualidade dos solos nessa região. Haja vista a importância do solo

para a produção agrícola, é de fundamental importância a realização de estudos voltados a ambientes de assentamentos rurais na Chapada do Apodi–RN, como meio de verificar a qualidade física, química e biológica (macroartrópodes) do solo nos agroecossistemas.

Diante do exposto esta pesquisa parte das seguintes hipóteses: (i) agroecossistemas com distintas classes de solos influenciarão na qualidade física e química do solo, assim como na variabilidade da dominância, riqueza de grupos, frequência e ocorrência de ordens da comunidade de macroartrópodes. Portanto, este estudo teve como objetivo verificar a qualidade dos solos, bem como a comunidade de macroartrópodes sob agroecossistemas na Chapada do Apodi–RN.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A Chapada do Apodi

A Chapada do Apodi estende-se entre os estados do Ceará e Rio Grande do Norte (Figura 1). No Rio Grande do Norte, abrange os municípios de Apodi, Baraúna, Felipe Guerra e Governador Dix-Sept Rosado. No estado do Ceará está distribuída pelos municípios de Alto Santo, Jaguaruana, Limoeiro do Norte, Quixeré e Tabuleiro do Norte (PINTO et al., 2016).

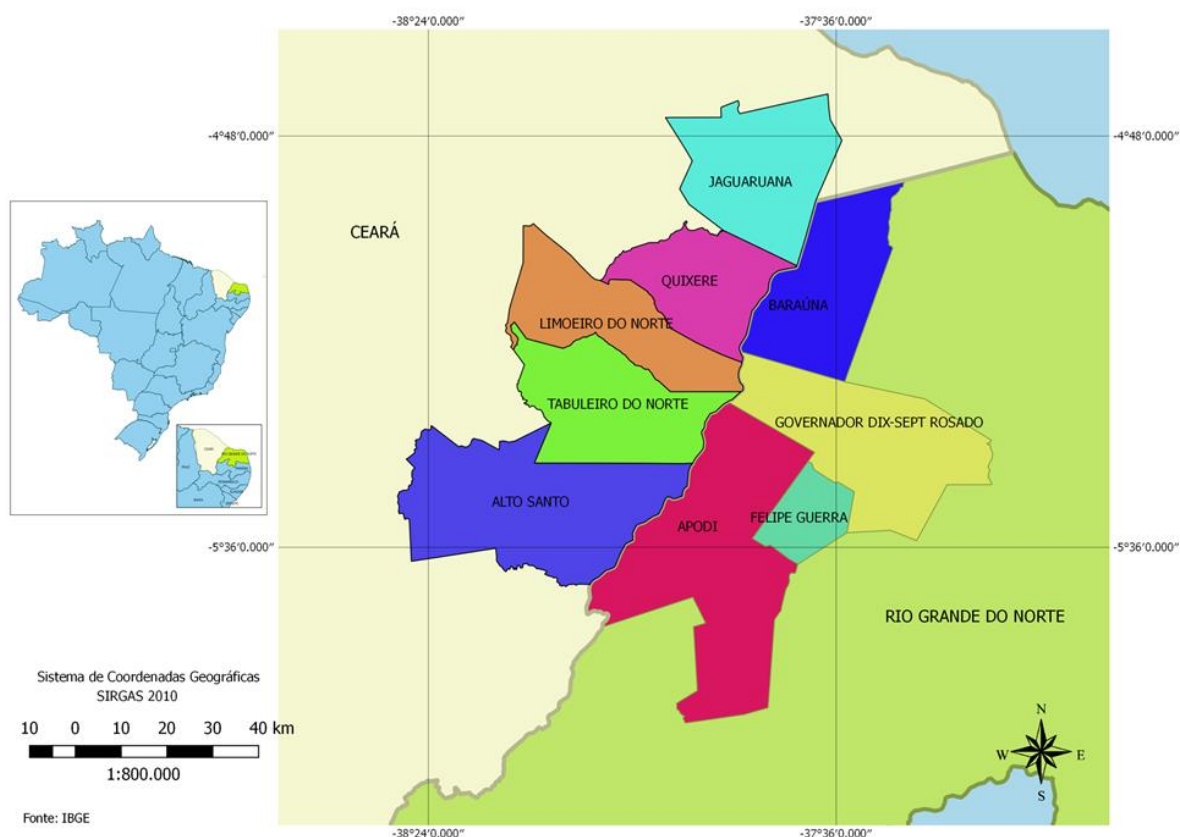


Figura 1. Delimitação da Chapada do Apodi abrangendo os estados do Rio Grande do Norte e do Ceará.

A região da Chapada do Apodi apresenta uma certa homogeneidade em relação a material de origem, clima e relevo. No entanto, configuram-se uma variabilidade em relação a classes de solos, atributos e processos pedogenéticos a curtas distâncias, indicado uma necessidade em relação a distinção de formas de usos agrícolas e manejo do solo, em função da carência de informações (OLIVEIRA et al., 2013). Apesar dessa variabilidade, a classe de Cambissolos derivadas de rochas calcárias é a predominante, com distinção entre os

atributos físicos, químicos, morfológicos e mineralógicos (GIRÃO et al., 2014; COSTA et al., 2015).

Os solos presentes na região da Chapada do Apodi evidenciaram oscilações paleoclimáticas a qual o Nordeste brasileiro foi submetido, em que algumas classes foram formadas sob condições de ambientes mais úmidos, enquanto que solos com predomínio de horizontes Bt (textural) e Bw (latossólico) foram formados conforme as linhas de drenagem iam se organizando, já a evolução atual dos solos está relacionada às condições climáticas vigentes, com alternância de déficits hídrico e de oxigênio (ERNESTO SOBRINHO, 1979).

Em função da diversidade de classes de solos presentes na região, a mesma é considerada importante polo agrícola da fruticultura irrigada, sendo que a maioria se destina para fins de exportação (SILVA et al., 2014). Diversas empresas agrícolas se instalaram na região há algumas décadas, a fim de explorar os recursos naturais (solo e água) aliados a pacotes de insumos agrícolas com adoção de alta tecnologia, devido a fertilidade dos solos (PINTO et al., 2016).

Na região também se localizam diversos Assentamentos rurais, onde estão inseridos agricultores familiares com perfis voltados a trabalhar a terra de maneira agroecológica, contribuindo para tornar as unidades familiares mais produtivas e sustentáveis a partir da preocupação com os recursos naturais e a diversidade regional (SOUSA et al., 2011). Nesses espaços, os agricultores buscam técnicas adequadas as particularidades locais, em prol da convivência com o Semiárido, mantendo a seguridade e soberania alimentar. Os cultivos de sequeiro como milho, feijão e sorgo prevalecem, aliados a criação de ovinocaprinos, que geralmente são soltos nas áreas como forma de aproveitar os restolhos das culturas após a colheita, essas atividades contribuem para geração de renda dos agricultores (BRITO et al., 2017).

2.2 Geologia da Chapada do Apodi

O Estado do Rio Grande do Norte localiza-se geotecnicamente na província da Borborema e Subprovíncia Setentrional, cerca de 60% do substrato rochoso é constituído por rochas do período pré-cambriano, e por rochas sedimentares (40%) remotas a eras geológicas mesozóica e cenozóica do grupo Apodi, formação serra de Martins, formação barreiras e serra potiguar (ANGELIM et al., 2006). A Chapada do Apodi está assentada geologicamente sobre a bacia potiguar do sistema rifte do nordeste brasileiro caracterizada por sedimentação flúvio-marinha transgressiva, sustentada por rochas sedimentares, sendo

um dos relevos mais antigos do Nordeste brasileiro (MIRANDA et al., 2010; NASCIMENTO et al., 2013).

A formação rochosa calcário Jandaíra pertence a parte emergente da bacia potiguar e é caracterizada por apresentar rochas carbonáticas compostas por calcário calcítico e dolomítico (ANGELIM et al., 2006). O Calcário calcítico e de coloração cinza-claro e branca ou amarelada, de granulação fina a média, enquanto o calcário dolomítico apresenta características como coloração cinza ou amarela, com granulação grosseira (BRASIL, 1971; MOTA et al., 2008). Sua formação remota a cerca de 90 milhões de anos e representa extensa área de afloramento de carbonatos fanerozóicos do Brasil, em um ambiente de deriva continental sob influência de mar aberto e raso (XAVIER NETO, 2006). Em determinados locais a formação Jandaíra é recoberta por sedimentos arenosos, remanescentes do grupo barreiras, que é formado por sedimentos de areia, silte e argila de cores bastante variadas, sendo a coloração vermelha predominante (BRASIL, 1971; MOTA et al., 2008).

2.3 Cambissolos, Argissolos e Latossolos

O termo Cambissolo deriva do latim “*cambiare*” que significa transformar, mudar e trocar. São solos minerais pouco desenvolvidos, com horizonte diagnóstico B incipiente (Bi). Apresenta sequência de horizontes: A ou hístico, Bi, C, com ou sem R (SANTOS et al., 2018). Possuem elevados teores de minerais primários (herdado da litologia) textura variando de franco arenosa a muito argilosa, atividade da argila variando de média a alta, drenagem variada e diferentes tipos de estrutura (SILVA et al., 2009). No semiárido, cerca de 3,6% da região é constituída por Cambissolos, contemplando os estados da Bahia, Ceará, Rio Grande do Norte, Sergipe e a parte Norte de Minas Gerais. O estado do Rio Grande do Norte apresenta cerca de 0,07% de sua área coberta por Cambissolos (3 976 km²) representativa na região da Chapada do Apodi, constituídos principalmente de rochas calcárias da formação geológica calcário Jandaíra, denotando solos com elevada fertilidade natural (LEMOS et al., 1997).

Os Argissolos compreendem solos constituídos por material mineral, que apresentam o horizonte Bt (B textural) com argila de atividade baixa. O horizonte Bt encontra-se imediatamente abaixo de qualquer tipo de horizonte superficial, exceto o hístico. Os mesmos apresentam incremento da fração argila para o horizonte B subjacente, variando em função da profundidade, com drenagem desde forte a imperfeitamente drenada (SANTOS et al., 2018). Na região da Chapada do Apodi são poucos os trabalhos que mencionam essa classe

de solos, dentre eles destacam-se Ernesto Sobrinho (1979) Mota et al (2008) e Girão et al. (2014).

Os Latossolos são solos minerais em processo avançado de intemperismo, como resultado de enérgicas transformações no material de origem, sendo a classe de solos com maior expressão geográfica no Brasil. Possuem o horizonte Bw (B latossólico) como diagnóstico, imediatamente abaixo de qualquer horizonte diagnóstico, exceto o histico. São solos profundos, sem restrições físicas do ponto de vista agrícola, porém apresentam baixa fertilidade, com pouca distinção em relação a seus horizontes (SANTOS et al., 2018). Contudo, particularidades locais, tais como condições climáticas, interferindo principalmente no intemperismo químico, faz com que esta classe apresente variabilidade quanto às características físicas, químicas, morfológicas e mineralógicas, o que pode conferir-lhe caráter eutrófico e/ou distróficos (KER, 1997). Alguns poucos trabalhos mencionam os Latossolos na Chapada do Apodi a exemplo de Ernesto Sobrinho (1979) e Mota et al. (2008).

2.4 Qualidade do Solo

A qualidade do solo é definida como a capacidade de o solo funcionar dentro de certos limites de um ecossistema natural ou manejado, capaz de sustentar a produtividade de plantas e animais, manter ou aumentar a qualidade do ar e da água, além de promover a saúde humana dos animais e plantas (DORAN; PARKIN, 1994; DORAN, 1997). A discussão sobre qualidade do solo intensificou-se no início dos anos 1990, quando a comunidade científica, consciente da importância do solo para a qualidade ambiental, começou a abordar, nas publicações, a preocupação com a degradação dos recursos naturais, e sustentabilidade agrícola, bem como a ligação entre as funções do solo e os serviços ecossistêmicos (VEZZANI; MIELNICZUK, 2009; LAL, 2015; BÜNEMANN et al., 2018). A qualidade dos solos agrícolas pode ser avaliada usando propriedades do solo como indicadores de qualidade, que permitem comparações entre diferentes solos, usos da terra ou práticas agrícolas (DUVAL et al., 2013).

Os indicadores de qualidade do solo são determinados por meio das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, cujo processos e características podem ser medidas para monitorar mudanças no solo, visam ainda focar os esforços na conservação na manutenção de sua condição, coletar as informações necessárias para determinar tendências, relacionar a qualidade do solo com a de outros recursos, além de determinar tendências na saúde dos solos das nações (KHEYRODIN, 2014). No entanto, os indicadores de qualidade

do solo devem obedecer alguns critérios como: ser acessível e aplicável as condições de campo, sensível as variações de uso e manejo do solo é do clima ao longo do tempo, integrar as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo é quando possível, ser componente de banco de dados existentes (DORAN; PARKIN, 1994; VEZZANI; MIELNICZUK, 2009).

Os principais indicadores físicos de qualidade do solo são: textura, estrutura do solo, porosidade, permeabilidade, estabilidade de agregados, densidade do solo e de partículas, umidade do solo é retenção de água. Em geral, os atributos físicos intermediários são os mais utilizados como indicadores da qualidade física do solo, por estarem sujeitos às maiores alterações, em função dos sistemas de manejo do solo, dos citados acima apenas a textura e densidade de partículas são considerados atributos primários, os demais são modificáveis (intermediários) (STEFANOSKI et al., 2013). Os indicadores químicos do solo normalmente são agrupados em quatro classes: a) aqueles que indicam o comportamento do solo (pH, CE e carbono orgânico total) b) aqueles que indicam a capacidade do solo de resistir à troca de cátions (tipo de argila, CTC, CTA, óxidos de ferro e de alumínio) c) aqueles que indicam as necessidades nutricionais das plantas (N, P, K, Ca, Mg e micronutrientes) e d) aqueles que indicam a contaminação ou poluição (metais pesados, nitrato, fosfato e agrotóxicos) (LIRA et al., 2012).

Os principais indicadores biológicos são: respiração basal, biomassa microbiana, atividade enzimática, teor de glomalina, densidade de patógenos e de macroartrópodes, esses indicadores são funções chaves reguladoras desempenhadas por esses organismos para a manutenção da qualidade do solo (SCHLOTTER et al., 2018). Deste último, os macroartrópodes desempenham importantes funções no solo e nos serviços ecossistêmicos, tais como: produção de biomassa, decomposição da serapilheira, participação no ciclo global do carbono, onde a diversidade desses organismos está diretamente relacionada à capacidade de adaptação com o seu habitat, ambiente e alimentação, eles podem servir como uma ferramenta útil de monitoramento eficaz nos agroecossistemas (ROY et al., 2018).

2.5 Atributos físicos e químicos e sua relação com uso e manejo do solo

A estrutura do solo refere-se ao arranjo espacial de sólidos e vazios (poros) sendo um atributo extremamente dinâmico e complexo devido ao manejo do solo e cultivos agrícolas, relevante nas funções do solo, uma vez que regula processos como infiltração, retenção de água, trocas gasosas, penetração das raízes e suscetibilidade à erosão (RABOT et al., 2018). Dentre os principais atributos físicos estruturais destacam-se a densidade do solo, porosidade, agregação e retenção de água, sendo importante a caracterização visando um

adequado manejo do solo e dos cultivos agrícolas nos agroecossistemas (MOTA et al., 2013; ARAÚJO et al., 2014; VAN LIER; GUBIANI, 2015; ALENCAR et al., 2015; MACEDO et al., 2017).

A densidade do solo (D_s) é definida como a razão da massa de solo seco por unidade de volume (volume de sólidos e poros) sendo um atributo bastante recorrente na avaliação de sistemas agrícolas (FERREIRA, 2010; FERNANDES et al., 2015). A densidade do solo pode interferir de forma negativa levando a uma modificação na porosidade, condutividade hidráulica e resistência à penetração de raízes, podendo ainda ser utilizada na avaliação do grau de compactação dos solos (PIRES et al., 2011; NAWAZ; TROLARD, 2012). A densidade é uma propriedade dinâmica, pois varia conforme condições estruturais e o manejo do solo, tendendo a aumentar ao longo do perfil, em função do decréscimo de matéria orgânica, menor porosidade, compactação e adensamento natural, variando ainda conforme textura e mineralogia dos solos (CHAUDHARI et al., 2013).

Solos arenosos são, por natureza, mais densos em relação aos argilosos, enquanto solos siltosos apresentam valores de densidade intermediárias (LIBARDI, 2012). A matéria orgânica possui uma menor densidade em relação aos minerais do solo, por isso, solos de vegetação nativa em função de um maior aporte de resíduos, possuem normalmente menores valores de densidade do solo (MARCOLIN; KLEIN, 2011; OLIVEIRA et al., 2016).

O manejo do solo por meios convencionais de preparo pode comprometer a densidade dos solos agrícolas ao longo do tempo. De início, após as operações de preparo do solo para a semeadura ocorre uma redução momentânea da densidade, devido a ruptura dos agregados, no entanto, a longo prazo ocorre uma consolidação da superfície, implicando no aumento da densidade do solo (MARINHO et al., 2016). A comparação entre sistemas de preparo do solo e áreas não agrícolas (vegetação nativa) geralmente demonstra densidade de solo superior em solos utilizados para agricultura, preparados de forma convencional ao longo do tempo, o que é justificado pelo tráfego de máquinas e implementos agrícolas (RÓS, 2017).

Alguns estudos desenvolvidos na Chapada do Apodi reportam maiores valores de densidade do solo sob classes de Argissolo ($1,76 \text{ g cm}^{-3}$) e Latossolos ($1,72 \text{ g cm}^{-3}$) em relação à Cambissolos ($1,31 \text{ g cm}^{-3}$) devido ao tráfego de máquinas que provocam a dispersão das argilas, com rearranjo das partículas a curtas distâncias que preenchem espaços vazios, provocando aumento da densidade, bem como à textura desses solos (MOTA et al., 2008). Ambientes com preparo do solo por meio convencional também demonstraram aumento de densidade do solo ao longo do tempo ($1,58 \text{ g cm}^{-3}$) quando comparados a ambiente agroecológico ($1,24 \text{ g cm}^{-3}$) e vegetação nativa ($1,25 \text{ g cm}^{-3}$) sob classe de

Cambissolos (MARINHO et al., 2016). Valores considerados ideais para a densidade do solo em solos argilosos, na faixa de 1,3 a 1,4 g cm⁻³ foram reportados por Mota et al. (2015), em ambiente de cultivo de banana irrigado sob Cambissolos na Chapada do Apodi-RN.

A porosidade do solo refere-se ao volume não ocupado pela fração sólida do solo, ou seja, porção volumétrica, responsável pelos principais fenômenos ligados à dinâmica do ar da água e de seus componentes, ocorrendo assim variação quanto à forma, tamanho e conectividade de poros, conduzidos pela matriz do solo (BERALDO et al., 2014; ALENCAR et al., 2015). De acordo com o seu tamanho os poros são utilizados como parâmetro de funcionalidade refletindo na dinâmica de água e ar. Os macroporos detêm a função de aeração e infiltração de água pela ação gravitacional, os mesoporos (poros intermediários) são responsáveis pela redistribuição de água após o esvaziamento dos macroporos, enquanto os microporos atuam na retenção de água, na condição de solo úmido em que as forças capilares estão presentes (LIBARDI, 2012).

A macroporosidade é um atributo físico utilizado em estudos de compactação, onde sua redução pode levar à degradação dos solos em função da má drenagem, acarretando baixa difusão de oxigênio nas raízes, bem como uma maior resistência à penetração no perfil do solo (STOLF, 2009). A literatura adota um valor de macroporosidade em torno de 0,10 m³ m⁻³ como limitante para o desenvolvimento das culturas, valores abaixo desse limite podem comprometer o desenvolvimento dos vegetais (POTT et al., 2017).

A redução dos macroporos ocorre devido à pressão mecânica de máquinas agrícolas, compressão do ar nos microporos dos agregados durante os ciclos de umedecimento e secagem, aração profunda, entupimento dos microporos e baixo conteúdo de matéria orgânica e nutrientes (ARAÚJO et al., 2012). No entanto, o revolvimento de solos em condições iniciais de superfície consolidada promove um aumento na macroporosidade (POTT et al., 2017).

Nos solos ocorre uma variabilidade quanto ao tamanho dos poros (macro e microporos) que podem ser classificados em interagregados e intra-agregados. Os interagregados correspondem à porosidade estrutural, enquanto que os intraagregados à porosidade textural. Os poros estruturais são responsáveis pela aeração, condução e drenagem de água, enquanto os poros texturais estão associados à retenção e disponibilidade de água para as plantas (DEXTER et al., 2008).

A agregação é um atributo físico definido como o processo de associações organominerais das partículas primárias do solo (areia, silte e argila), e é considerado chave para a manutenção da estrutura e conservação dos solos (RILLING et al., 2015). A agregação resulta de processos físico-químicos e biológicos que ocorrem no solo, estando estreitamente

relacionada com a qualidade do solo (PORTELLA et al., 2012; ONTL et al., 2015). Dentre os processos físico-químicos destaca-se a floculação, considerada requisito básico para a formação dos agregados. A floculação inicia-se com a aproximação de partículas de argilas cuja predominância de cargas negativas atrai os cátions polivalentes carregados positivamente como (Ca, Mg e Fe) promovendo a agregação (NICHOLS; HALVORSON, 2013).

Os principais agentes cimentantes são as argilas, os óxidos de ferro e alumínio e os carbonatos, enquanto que os agregantes correspondem a matéria orgânica e atividade biológica (micélios, hifas de fungos, exsudatos radiculares etc.) (VICENTE et al., 2012). Os agentes cimentantes argilominerais do tipo 2:1, em função da alta área superficial específica e atividade coloidal, conferem maiores forças de coesão e adesão contribuindo dessa forma para uma maior agregação das partículas (BASTOS et al., 2005). Processos biológicos como o crescimento radicular das plantas também atuam na agregação, pois à medida que as raízes penetram no solo exerce pressão, o que favorece a aproximação das partículas. As raízes também excretam exsudatos que, em associação com polissacarídeos e micélios de fungos, bem como demais comunidades microbiológicas, favorecem a agregação e a estabilidade das partículas do solo (BRAIDA et al., 2011; DUCHICELA et al., 2012).

No entanto, a estabilidade dos agregados pode ser alterada ao longo do tempo em função das práticas de manejo adotadas a exemplo do preparo convencional, quer seja pela quebra direta dos agregados ou diminuição de agentes agregantes como a matéria orgânica (HICKMANN et al., 2011; DUCHICELA et al., 2012). Práticas convencionais, aliadas ao cultivo intensivo dos solos, contribuem para a degradação de sua estrutura, devido, a constante movimentação de máquinas e implementos contribuindo para causar alterações no tamanho de agregados (RIBON et al., 2014). Dessa forma, torna-se necessária adoção de práticas conservacionistas como revolvimento mínimo e policultivos que promovam a manutenção da matéria orgânica e a atividade biológica nos solos (ZHANG et al., 2012; RIBON et al., 2014).

O fenômeno de retenção de água no solo ocorre basicamente na condição de solos não saturado, sendo governada pelos fenômenos de capilaridade e adsorção. A capilaridade é descrita como sendo a afinidade das moléculas de água com as partículas sólidas do solo, por meio da interface água - ar. A força de adsorção começa a prevalecer à medida que a força capilar vai decrescendo. Nesse caso, a água vai ficando fortemente retida s paredes das superfícies minerais (LIBARDI, 2012). A curva característica de retenção de água representa uma forma gráfica entre a umidade do solo *versus* o potencial matricial, sendo utilizada como importante ferramenta na descrição do comportamento físico-hídrico, pois determina a

energia com que a água está retida no solo, bem como a quantidade de água presente no mesmo, em função da relação sólido-fluido dominados pelos mecanismos de capilaridade e adsorção. Câmaras de Richards e funis de Haines são alguns dos instrumentos mais utilizados para determinação da curva de retenção de água no solo no laboratório (RUAS LUCAS et al., 2011; FILGUEIRAS et al., 2016; ZHANG et al., 2017; SILVA et al., 2018).

Alguns fatores podem afetar a retenção de água nos solos, a exemplo da textura e matéria orgânica. As partículas de argila têm uma maior área superficial específica em relação ao seu volume e, portanto, têm a capacidade de reter maiores quantidades de água quando comparado a fração areia. No entanto, retenção de água não significa disponibilidade, uma vez que solos argilosos podem ter um potencial hídrico altamente negativo (água retida a tensão elevada) tornando dificultoso a disponibilidade de água para plantas. Por outro lado, as partículas de areia por serem maiores e esféricas, com determinada umidade e um potencial de água próximo a zero, permitem que as plantas absorvam mais prontamente a água. (BUITENWERF et al., 2014). Além disso, a curva de retenção pode ser afetada por características de cada solo, como a mineralogia da fração argila, matéria orgânica, forma e disposição da partícula do solo (BEUTLER et al., 2002).

Os atributos químicos do solo variam espacialmente no solo devido a ação conjunta de fatores como material de origem, padrão climático da região, ação antrópica (manejo do solo como a adubação) (BURAK et al., 2012). Dessa forma, a análise dos elementos químicos do solo é considerada importante, haja vista revelarem a importância em relação aos teores totais de nutrientes disponíveis as plantas, elementos contaminantes do solo, além de fornecer subsídios para monitorar os limites de elementos potencialmente tóxicos nos solos agrícolas. A presença de nutrientes no solo (fósforo, cálcio, magnésio, potássio e sódio) é um dos pontos fundamentais que mantem a qualidade nos agroecossistemas, além do pH, matéria orgânica e CTC (RIBEIRO; VILELA, 2007).

O pH (potencial hidrogeniônico) do solo é definido como o logaritmo negativo da atividade do íon hidrogênio $[H^+]$ considerada uma medida simples variando de 0 a 14 e tem como princípio básico a indicação da reação do solo em ácida ($<7,0$) neutra (7,0) ou básica ($>7,0$). Dessa forma, o pH é uma função logarítmica, cada unidade na escala de pH é 10 vezes mais ácida do que a unidade acima, influenciando a disponibilidade de nutrientes, onde, nitrogênio, potássio, cálcio, magnésio e enxofre são mais disponíveis no pH entre 6,5 e 8,0 enquanto o boro, cobre, ferro, manganês, níquel e zinco estão mais disponíveis no pH 5,0 a 7,0 (MCCAULEY et al., 2017). Os solos da região da Chapada do Apodi são caracterizados por serem jovens, de boa fertilidade natural e, devido a origem calcária, apresentam pH natural de neutro a alcalino (MAIA et al., 2001).

A matéria orgânica do solo é derivada de restos vegetais e animais em diferentes estágios de decomposição, sendo considerado um dos principais indicadores da fertilidade e qualidade dos solos tropicais, além de detectar alterações no ambiente do solo devido à íntima associação com algumas funções ecológicas, como a decomposição microbiana e a mineralização de nutrientes, principalmente em ambientes semiáridos virtude da mudança no uso da terra. Por meio do processo de mineralização é a principal fonte de suprimento de nitrogênio em sistemas agrícolas, em sua composição há ainda carbono, hidrogênio, oxigênio, enxofre e fósforo (MUSINGUZI et al., 2013; FERREIRA et al., 2014). Além dos acima citados, a matéria orgânica do solo é constituída por ácidos húmicos e flúvicos, polífenóis, aminoácidos, peptídeos, proteínas e polissacarídeos (KOSOBUCKI; BUSZEWSKI, 2014).

Em condições de semiárido a manutenção e dinâmica da matéria orgânica dá-se principalmente por folhas caídas e galhos das árvores hiperxerófila em diferentes estágios de decomposição, o que não ocorre durante todo o ano, devido aos longos períodos de estiagem. As elevadas temperaturas e radiação solar, associadas a baixa precipitação pluvial e ao manejo do solo de forma inadequada (principalmente corte e queima de resíduos) resultam em baixo aporte de resíduos vegetais (biomassa) deixados na superfície do solo, dessa forma, o estoque de carbono orgânico total (COT) e nitrogênio no solo são reduzidos (SACRAMENTO et al., 2013).

O Fósforo é um macronutriente limitante ao crescimento das plantas, as mesmas absorvem principalmente nas formas inorgânica e orgânica, no entanto o suprimento desse elemento no solo raramente é adequado para atender a demanda em ecossistemas terrestres tropicais, exceto quando a deficiência é repostada por meio de fertilizantes fosfatados ou compostos de P orgânico lábil (SUNER et al., 2014; HOU et al., 2018). De maneira geral, na Chapada do Apodi RN, os solos, principalmente os Cambissolos, são pobres em fósforo em virtude do baixo teor de matéria orgânica e da formação geológica do local, além disso o fósforo possui interação com cálcio, o que acarreta indisponibilidade à planta (SILVA, 2010; SILVA et al., 2014).

O cálcio é um macronutriente absorvido pelas plantas na forma do íon Ca^{2+} tendo como principais funções nos vegetais a estrutura de tecidos meristemáticos, ápices radiculares evitando danos a parede celular (DECHEN; NACHTIGALL, 2007). No caso da região semiárida brasileira, em especial na Chapada do Apodi, esse elemento juntamente com o magnésio (em menor quantidade) apresenta-se em elevadas proporções no solo, em decorrência do material de origem desses solos o calcário fossilífero, de granulação fina pertencente da formação Jandaíra, onde o intemperismo é um dos principais responsáveis

pela dissociação do carbonato de cálcio nos solos dessa região (SOUZA et al., 2015; BRITO et al., 2017).

O potássio no solo advém do processo de intemperismo de minerais primários e do grupo dos feldspatos (ortoclásio e microclínio) e das micas (ilita, biotita e muscovita secundários) e secundários (ilita, argilominerais interestratificados e vermiculita) abundante em grandes variedades de rochas (BORTOLUZZI et al., 2005). A disponibilidade de potássio às plantas depende dos teores das formas de K nos solos (K não trocável, K trocável e K solúvel) os quais variam com o grau de desenvolvimento pedogenético dos solos (MEDEIROS et al., 2010). Nas plantas, o potássio atua em processos como regulação da pressão osmótica, abertura e fechamento de estômatos, redução da densidade estomática, trocas gasosas e economia de água, além de ser fundamental no processo de fotossíntese (SARDANS; PENUELAS, 2015).

O sódio (Na^+) é um nutriente cuja dinâmica pode afetar propriedades físicas e químicas no solo, com consequências negativas no ambiente, na produção agrícola, animal e humana. Em geral, os problemas de salinidade do solo são consequência do acúmulo de sais na zona radicular das plantas, decorrentes do manejo inadequado da irrigação e do material de origem, onde em regiões semiáridas observa-se elevadas taxas de evapotranspiração e déficit hídrico ao longo do ano, potencializando ainda mais esse problema. Os solos com caráter sódico são dominados principalmente pelo íon sódio, que em excesso provoca dispersão das argilas, entupimento e bloqueio de poros, resultando em selamento superficial, redução da taxa de infiltração e agregação do solo (SENTIS, 2014).

A capacidade de troca catiônica do solo (CTC) retém cátions básicos trocáveis (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ e Na^+) na superfície coloidal dos minerais do solo, podendo estar em constante estado de permutação, ou facilmente assimilável as plantas. Com o incremento da acidificação do solo ocorre a diminuição desses cátions básicos aumentando a proporção da acidez potencial (H^+ Al) que passam a ocupar os sítios de troca (KAMPF; CURI, 2015). Se a maior parte da CTC está ocupada por cátions básicos essenciais infere-se que o solo possui boas condições de fertilidade natural, no entanto, se grande parte da CTC compreende os cátions potencialmente tóxicos como H^+ e Al^{3+} este será um solo quimicamente pobre (RONQUIM, 2010).

2.6 Macroartrópodes edáficos do solo e seus principais agentes

Os macroartrópodes do solo compreendem uma complexidade de organismos invertebrados com dimensão >10 mm de comprimento e/ou 2 mm de diâmetro corporal,

utilizando o solo como habitat, seja na serapilheira ou abaixo da superfície, em toda ou alguma fase do seu ciclo de vida (LAVELLE et al., 2016). Esses macroinvertebrados obtêm energia do suporte energético oriundo da matéria orgânica, para cumprir suas funções. Geralmente, a classificação desses organismos é realizada por meio da adoção de critérios básicos como: tamanho do corpo (critério mais usual) mobilidade de locomoção, hábito alimentar, metabolismo, tempo de residência e funções desempenhadas no solo (LAVELLE, et al., 2016; SOUZA, 2016).

Em função do tamanho, esses organismos podem ser visíveis a olho nu contemplando o filo Arthropoda, sendo classificados em cerca de 20 grupos taxonômicos. Esse filo é constituído pelas classes: arachnida (aranhas, opiliões e escorpiões) e insecta (baratas, formigas, formigas-leão, besouros, moscas, centopeias, grilos, cupins, traças, tesourinhas, cigarras, pulgões, percevejos, piolhos de cobra, borboleta e mariposas no estágio larval) (BROWN et al., 2009; VAZ et al., 2009; MACHADO et al., 2015).

Em relação a hábitos alimentares (critério trófico) são agrupados em: geófagos (ingerem porções de húmus e solo mineral, a exemplo de cupins humívoros) fitófagos (alimentam-se de tecidos vivos de plantas) detritívoros (utilizam a matéria orgânica animal ou vegetal fragmentada, a exemplo de tatuzinhos) rizófagos (consomem raízes e parte aérea de plantas vivas) onívoros (consomem uma ampla diversidade de alimentos de origem animal e vegetal) parasitas (dependem exclusivamente de um hospedeiro) e predadores (alimentam-se de organismos vivos, a exemplo de aranhas, famílias de besouros, formigas, escorpiões, pseudoescorpiões e centopeias) (BROWN et al., 2001).

Dentro de grupos funcionais alguns indivíduos são denominados de “engenheiros do ecossistema” ou “engenheiros do solo”, por influenciarem a disponibilidade de recursos para outros organismos e desempenharem atividades como: abertura de fendas, construção e manutenção de galerias e incorporação de matéria orgânica (ALMEIDA; QUEIROZ, 2015).

Alguns ecologistas do solo consideram formigas e cupins como macroinvertebrados “engenheiros do solo”, por controlarem a dinâmica da estrutura do solo (abertura de fendas e galerias) sendo sua diversidade e abundância consideradas bioindicadores da qualidade do solo (BOTTINELLI et al., 2014).

Os “engenheiros do ecossistema” são classificados em autogênicos e alogênicos. São considerados autogênicos aqueles organismos que utilizam suas próprias estruturas físicas para modificarem o ambiente (como por exemplo, árvores) enquanto, os alogênicos utilizam meios mecânicos para modificarem a matéria viva e/ou morta, com destaque para as formigas, besouros e cupins (LAVELLE et al., 2016).

As formigas (ordem Hymenoptera) são insetos sociais amplamente distribuídos, e recebem denominação de engenheiros do ecossistema, por promoverem importantes alterações nas propriedades físicas e químicas do solo, por meio da bioturbação e acúmulo de materiais orgânicos (SILVA et al., 2017). As formigas têm o solo como principal local para construção de seus ninhos, configurando-se como estratégia de defesa contra predadores naturais, embora esses ninhos também sirvam de habitat para artrópodes (ALMEIDA; QUEIROZ, 2015).

Durante o processo de construção e manutenção de seus ninhos ocorre intenso movimento e mistura de partículas entre os horizontes (bioturbação) que contribuem para o rearranjo das partículas, com reflexo na densidade e na porosidade do solo. Entretanto, não é comprovado como a construção de canais e galerias age em outros atributos físicos, como aeração e infiltração de água (ALMEIDA; QUEIROZ, 2015). Contudo, o rearranjo das partículas, favorecendo a boa aeração, bem como a presença de matéria orgânica, sendo suporte energético, com concentrações de nitrogênio, fósforo e potássio, contribuindo para a diversidade de espécies (CREPALDI et al., 2014; ALMEIDA; QUEIROZ, 2015).

Os besouros (ordem Coleoptera) são indicadores da qualidade do ambiente, principalmente, em função da quantidade e diversidade de habitats que ocupam, sendo sensíveis a interferência e impactos que venham a ocorrer nos agroecossistemas (AMARAL; SANTOS, 2015; GONÇALVES, 2017). Os besouros auxiliam no processo de escavação e revolvimento de camadas superficiais, contribuindo para a aeração, incorporação e fragmentação da matéria orgânica em estágios de decomposição, além de controle de outras populações (FAGUNDES et al., 2011).

Dentre a ordem Coleoptera destaca-se a família Scarabaeidae, como uma das mais importantes, conhecida popularmente como besouros “rola bosta” ou besouros “de esterco”. O nome “vulgar” advém do fato de alguns gêneros moldarem as fezes em forma de bolas, transportando-as ativamente sobre o solo, enquanto outros grupos ocupam-se em escavar o solo, e enterrar os excrementos em galerias abaixo da superfície, onde as larvas se alimentam; em função desses hábitos, são responsáveis pela incorporação da matéria orgânica e escavação de galerias (TISSIANI et al., 2014).

Os cupins (ordem Isoptera) pertencem ao grupo de insetos sociais, e abrangem cerca de 2.500 espécies conhecidas no mundo, constituindo cerca de 10% de toda a biomassa dos trópicos (HUIS, 2017). Devido suas atividades no solo, os cupins são estudados em diversas partes do mundo, sendo considerados organismos ativos no solo (LI et al., 2017; LIMA et al., 2018). São denominados “engenheiros do solo”, pois desempenham importantes funções

no funcionamento de agroecossistemas tropicais e subtropicais, como: criação de bioestruturas (túneis e galerias) decomposição de matéria orgânica e ciclagem de nutrientes, em regiões de clima árido e semiárido (JOUQUET et al., 2011).

A maioria dos cupins constroem redes de túneis interconectados, que transportam a matéria orgânica que se acumulou na superfície do solo, dessa forma sua alimentação fica protegida contra a luz solar, dessecação e predação (KAISER et al., 2017). Além disso, tem a capacidade de controlar seu próprio ambiente, a umidade e temperatura de seus ninhos, que permanecem constantes durante as estações do ano, ao passo que a maioria dos outros macroinvertebrados do solo são diminuídos e/ou eliminados (JOUQUET et al., 2011). Outras ordens de macroartrópodes desempenham importantes funções no solo como é o caso dos ortópteros, araneae, diplopoda e chilopoda.

A ordem Orthoptera incluem cerca de 25.000 espécies descritas e são representados principalmente por grilos e gafanhotos, com diversidade de formas e hábitos de vida (BIDAU, 2014). As aranhas (Araneae) apresentam alta diversidade e abundância, com hábitos de vida variáveis, contemplando um grupo com cerca de 43.000 espécies descritas, distribuídas em 111 famílias (CASTANHEIRA et al., 2016). Possuem hábito de predação de outros invertebrados para sua alimentação, podem viver diretamente no solo, ou abaixo da serapilheira e são consideradas boas indicadoras da qualidade ambiental (MARQUES et al., 2014; RODRIGUES-ARTIGAS et al., 2016).

Os diplópodes geralmente não se encontram em altas densidades no solo, embora possam ocorrer explosões populacionais causadas por distúrbios ambientais e antrópicos tais como mudanças climáticas e uso de pesticidas (SOUSA et al., 2017). Os chilópodes são predadores generalistas que podem persistir em ecossistemas convertidos devido à sua habilidade de adaptação (KLARNER et al., 2017).

2.7 Fatores que afetam os macroartrópodes no bioma Caatinga

Os macroartrópodes podem ser influenciados por fatores bióticos e abióticos. No caso de regiões tropicais, os de ordem abióticos, em especial à precipitação pluvial, temperatura e umidade prevalecem, influenciando notadamente a distribuição, composição, estrutura e diversidade de grupos biológicos (DECÄENS, 2010; ALMEIDA et al., 2015; PIEDADE et al., 2016).

A precipitação pluvial é considerada um fator indispensável, por ser mediadora de processos ecológicos para a atividade biológica do solo. Sabe-se que no bioma Caatinga, a variabilidade entre os períodos chuvoso e seco, com elevadas temperaturas e taxas de

evaporação, pode comprometer a atividade da macrofauna, em função da diminuição da oferta de alimento e água, reduzindo as populações em termos de densidade, diversidade e composição das espécies (ARAÚJO et al., 2009).

A temperatura, interfere negativamente na diversidade de táxons e da macrofauna edáfica presente no bioma Caatinga, em função das altas temperaturas na superfície do solo (ARAÚJO et al., 2010). Sob este efeito, os organismos migram para camadas mais profundas, com maior umidade e condições de temperaturas mais amenas (SILVA et al., 2017). Entretanto, outros fatores podem influenciar a população desses organismos, tais como: práticas de manejo do solo, sistema de cultivo e ocorrência de queimadas (GIRRACA et al., 2003).

O preparo intensivo do solo (revolvimento excessivo) compromete o desenvolvimento dos invertebrados edáficos, principalmente, aqueles que vivem na interface solo-serapilheira, diretamente por meio da abrasão das máquinas e esmagamento e, indiretamente pela remoção da cobertura por resíduos vegetais e alterações do microclima na superfície (SILVA et al., 2012).

As populações de organismos como aranhas, diplópodes, chilópodes e alguns coleópteros são comprometidas pela redução do estoque de matéria orgânica no solo, enquanto que as térmitas têm suas populações reduzidas, principalmente, pela desestruturação física de seus ninhos e galerias (SILVA et al., 2012). Por outro lado, práticas conservacionistas como a adubação verde, em função da diversificação de espécies vegetais favorece o aumento da diversidade de organismos do solo, assim como os sistemas agroflorestais e manejo dos cultivos de forma agroecológica (SILVA et al., 2012; PIMENTEL et al., 2012; CUNHA et al., 2014).

Sistemas de cultivos agrícolas com diferentes coberturas vegetais atuam diretamente sobre a população da fauna do solo, por meio da formação de uma camada espessa de folhas em decomposição, propiciando a permanência de resíduos orgânicos em sua superfície, capaz de abrigar uma população diversificada (BRITO et al., 2016). A presença de serapilheira funciona basicamente como um condicionante, adaptando os recursos necessários para a manutenção da macrofauna nesse ambiente (MARQUES et al., 2014).

Áreas submetidas a queimadas, em especial no bioma Caatinga, causam modificações nos agroecossistemas, com perda na biodiversidade, principalmente na fauna edáfica do solo. As queimadas alteram a dinâmica e a estrutura de macroinvertebrados, em diferentes graus de intensidade, os organismos que conseguem sobreviver migram para outros habitats, em função do comprometimento do suporte energético (REZENDE et al., 2017).

3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALENCAR, T.H. et al. Atributos físicos de um Cambissolo cultivado e tratado com biofertilizante na Chapada do Apodi, Ceará. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.39, n.3, p.737-749, 2015.
- ALMEIDA, F.S.; QUEIROZ, J.M. Formigas poneromorfos como engenheiras de ecossistemas: impactos sobre a biologia estrutura e fertilidade dos solos. In: DELABIE, J.H.C. (Ed). **Formigas poneromorfos no Brasil**. Ilhéus: Editus, 2015, p.439-449.
- ALMEIDA, M.A.X. et al. Sazonalidade da macrofauna edáfica do Curimataú da Paraíba, Brasil. **Revista Ambiência**, v.11, n.2, p.393-407, 2015.
- AMARAL, A.A.; SANTOS, G.M. Artrópodes do solo em áreas antrópicas com diferentes coberturas vegetais. **Enciclopédia Biosfera**, v.11 n.62, p.62-71, 2015.
- ANGELIM, L.A.A et al. Programa Geologia do Brasil– PLGB. Projeto Geologia e Recursos Minerais do Estado do Rio Grande do Norte. Mapa Geológico do Estado do Rio Grande do Norte. Escala. Recife: CPRM/FAPERN, 2006.
- ARAÚJO, D.R. et al. Variabilidade espacial de atributos físicos em solo submetidos à diferentes tipos de uso e manejo. **Revista Caatinga**, v.27, n.2, p. 101-115, 2014.
- ARAÚJO, E.A. et al. Qualidade do solo: conceitos, indicadores e avaliação. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, v.5, n.1, p.187-206, 2012.
- ARAÚJO, K.D. et al. Levantamento da macrofauna invertebrada do solo em área de Caatinga no Semiárido da Paraíba. **Revista Geoambiente on-line**, v.13, n.2, p.19-31, 2009.
- ARAÚJO, V.F.P. et al. Abundance and stratification of soil macroarthropods in a Caatinga forest in Northeast Brazil. **Brazilian Journal Biology**, v.70, n.3, p.737-746, 2010.
- BASTOS, R.S. et al. Formação e estabilização de agregados do solo influenciados por ciclos de umedecimento e secagem após adição de diferentes compostos orgânicos com diferentes características hidrofóbicas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, n.2, p.21-31, 2005.
- BERALDO, J.M.G. et al. Application of x ray computed tomography in the evaluation of soil porosity in soil management systems. **Engenharia Agrícola**, v.34, n.6, p.1162-1174, 2014.
- BEUTLER, A.N. et al. Retenção de água em dois tipos de Latossolos sob diferentes usos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.26, n.3, p.829-834, 2002.
- BIDAU, C.J. Patterns in Orthoptera biodiversity. I. Adaptations in ecological and evolutionary contexts. **Journal of Insect Biodiversity**, v.2, n.20, p.1-39, 2014.
- BORTOLUZZI, E.C. et al. Alterações na mineralogia de um Argissolo do Rio Grande do Sul submetido à fertilização potássica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n.3, p.327-335, 2005.
- BOTTINELLI, N. et al. Why is the influence of soil macrofauna on soil structure only considered by soil ecologist? **Soil & Tillage Research**, v.146, p.118-124, 2014.

BRAIDA, J.A. et al. Matéria orgânica e seu efeito na física do solo. In: FILHO, O. K (Org.). **Tópicos em Ciência do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v.7, p.222-227, 2011.

BRASIL. Ministério da Agricultura Escritório de Pesquisa e Experimentação. Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo. Levantamento Exploratório de Reconhecimento de Solos do Estado do Rio Grande do Norte. Rio de Janeiro: 1971. 536p. (Boletim Técnico, 21; SUDENE. Série pedologia, 9).

BRITO, M.F. et al. Diversidade da fauna edáfica e epigeica de invertebrados em consórcio de mandioca com adubos verdes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.51, n.3, p.253-260, 2016.

BRITO, R.F. et al. Morfologia e fertilidade do solo em áreas de produção do semiárido. **Revista de Ciências Agrárias**, v.40, n.3, p.525-532, 2017.

BROWN, G.G. et al. A importância da meso e macrofauna do solo na fertilidade e como bioindicadores. **Boletim informativo SBCE**, v.2, p.38-40, 2009.

BROWN, G.G. et al. Diversidad y rol funcional de la macrofauna edáfica em los ecosistemas tropicales Mexicanos. **Acta Zoológica Mexicana**, v.1, p.79-110, 2001.

BUITENWER, R. et al. Soil water retention curves for the major soil types of the Kruger National Park. **Koedoe**, v.56, n.1, p.1-9, 2014.

BUNEMANN, E.K. et al. Soil quality - a critical review. **Soil Biology and Biochemistry**, v.120, n.2, p.105-125, 2018.

BURAK, D.L. et al. Variabilidade espacial de atributos químicos do solo sob cafeeiro conilon: relação com textura, matéria orgânica e relevo. **Bragantia**, v.71, n.4, p.538-547, 2012.

CASTANHEIRA, P. et al. Diversity of spiders (Arachnida: Araneae) in areas of Atlantic Forest in Pedra Branca State Park, Rio de Janeiro, Brazil. **Biodiversity Data Journal**, v.4, p.1-27, 2016.

CHAUDHARI, P.R. et al. Soil bulk density as related to soil texture, organic matter content and available total nutrients of coimbatore soil. **International Journal of Scientific and Research Publications**, v.3, n.2, p.1-8, 2013.

COSTA, M.C.G. et al. Nutrient contents and viability of banana cropping in Cambisols with different depths. **Bragantia**, v.75, n.3, p.335-344, 2015.

CREPALDI, R.A. et al. Formigas como bioindicadores da qualidade do solo em sistema integrado lavoura pecuária. **Ciência Rural**, v.44, n.5, p.781-787, 2014.

CUNHA, J.A.S. et al. Associação da diversidade de artrópodes com características do solo em diferentes plantios de melancia. **Revista Biociências**, v.20, n.2, p.22-31, 2014.

DECAENS, T. Macroecological patterns in soil communities. **Global Ecology and Biogeography**, v.19, p.287-302, 2010.

DECHEN, A.R; NACHTIGALL, G. Elementos requeridos à nutrição de plantas In: NOVAIS, R.F; ALVAREZ, V.V.H; BARROS, N.F; FONTES, R.L.F; CANTARUTTI, R.B;

NEVES, J.C.L (eds). **Fertilidade do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. p.92-132, 2007.

DEXTER, A.R. et al. A user-friendly water retention function that takes account of the textural and structural pore spaces in soil. **Geoderma**, v.143, p.243-253, 2008.

DORAN, J.W. et al. Soil microbial activity, nitrogen cycling, and long-term changes inorganic carbon pools as related to fallow tillage management. **Soil & Tillage Research**, v.49, P.3-18, 1997.

DORAN, J.W.; PARKIN, T.B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F.; STEWART, B.A. (Eds). Defining soil quality for a sustainable environment. Madison, SSSA, 1994. p.1-20. (special, 35).

DUCHICELA, J. et al. Soil aggregate stability increase in strongly related to fungal community succession along an abandoned agricultural field chronosequence in the Bolivian Altiplano. **Journal of Applied Ecology**, v.50, n.3, p.1266-1273, 2013.

DUVAL, M.E. et al. Analysis of organic fractions as indicators of soil quality under natural and cultivated systems. **Soil & Tillage Research**, v.131, n.3, p.11-19, 2013.

ERNESTO SOBRINHO, F. **Caracterização, gênese e interpretação para uso de solos derivados de calcário da região da Chapada do Apodi, Rio Grande do Norte**. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1979. 133p. (Dissertação de Mestrado).

FAGUNDES, C.K. et al. Diversity of the families of Coleoptera captured with pitfall traps in five different environments in Santa Maria, RS, Brazil. **Brazilian Journal Biology**, v. 71, n. 2, p. 381-390, 2011.

FERNANDES, C. et al. Can soil penetration resistance and bulk density be determined in a single undisturbed sample? **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.39, n.3, p.763-766, 2015.

FERREIRA, A.C.C. et al. Land - use type effects on soil organic carbon and microbial properties in a Semi - arid region of Northeast Brazil. **Land Degradation & Development**, v.27, p.171-178, 2014.

FERREIRA, M.M. Caracterização física do solo. In: VAN LIER, Q.J. (Ed). **Física do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p.1-27, 2010.

FILGUEIRAS, R. et al. Modelo da curva de retenção de água no solo. **Irriga**, v.1 n.1 p.115-120, 2016.

GIRACCA, E.M.N. et al. Levantamento da meso e macrofauna na microbacia do Arroio Lino, Agudo, RS. **Revista Brasileira Agrociência**, v.9, n.3, p.257-261, 2003.

GIRÃO, R.O. et al. Soil genesis and iron nodules in a karst environment of the Apodi Plateau. **Revista Ciência Agronômica**, v.45, n.4, p.683-695, 2014.

GONÇALVES, M.P.G. Relação entre tempo e besouros em mata de cocal. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.32, n.4, p.543-554, 2017.

GUIMARÃES, D.V. et al. Soil organic matter pool and carbon fractions in soil under different land uses. **Soil & Tillage Research**, v.126, p.177-182, 2013.

HOU, E. et al. A global dataset of plant available and unavailable phosphorus in natural soils derived by Hedley method. **Scientific Data**, DOI: 10.1038/sdata.2018.166, 2018.

HUIS, A.V. Cultural significance of termites in sub-saharan Africa. **Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine**, v.3, n.8, p.1-12, 2017.

JOUQUET, P. et al. Influence of termites on ecosystems functioning. Ecosystem services provided by termites. **European Journal of Soil Biology**, v.47, n.4, p.215-222, 2011.

KAISER, D. et al. Ecosystem services of termite (Blattoidea: termitoidae) in the traditional soil restoration and cropping systems Zai in northern Burkina Faso (West Africa). **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.236, n.3, p.198-211, 2017.

KAMPF, N.; CURI, N. Caracterização do solo. In KER, J.C.; CURI, N.; SCHAEFER, C.E.G.R.; TORRADO, P.V. (Eds). **Pedologia fundamentos**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p.147-169, 2015.

KER, J.C. Latossolos do Brasil: uma revisão. **Geonomos**, v.5, p.17-40, 1997.

KHEYRODIN, H. Important of soil quality and soil agriculture indicators. **Academia Journal of Agricultural Research**, v.2, n.11 p.231- 238, 2014.

KLARNER, B. et al. Trophic niches, diversity and community composition of invertebrate top predators (Chilopoda) as affected by conversion of tropical lowland rainforest in Sumatra (Indonesia). **Plos One**, v.12, n.8, p.1-17, 2017.

KOZOBUCKI, P.; BUSZEWSKI, B. Natural organic matter in ecosystems - a review. **Nova Biotechnologica et Chimica**. v.13, n.2, p.109-129, 2014.

LAL, R. Restoring soil quality to mitigate soil degradation. **Sustainability**, v.7, n.5, p.5876-5895, 2015.

LAVELLE, P. et al. Ecosystem engineers in a self-organized soil: a review of concepts and future research questions. **Soil Science**, v.181 p.91-109, 2016.

LEMOS, M.S.S. et al. Evaluation of characteristics of Cambisols derived from limestone in low tablelands in Northeastern Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.32, n.8, p.825-834, 1997.

LI, Y. et al. Effect of termite on soil pH and its application for termite control in Zhejiang province, China. **Sociobiology**, v.64, n.3, p.317-326, 2017.

LIBARDI, P.L. **Dinâmica da água no solo**. São Paulo: 2 ed. Editora da Universidade de São Paulo, 2012. 352p.

LIER, Q.V.; GUBIANI, P.I. Beyond the “Least Limiting Water Range”: rethinking soil physics research in Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.39, n.5, p.925-939, 2015.

LIMA, S.S. et al. Termite mounds effects on soil proprieties in the Atlantic Forest biome. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.42, n.1, p.1-14, 2018.

LIRA, R.B. et al. Efeitos dos sistemas de cultivo e manejo da caatinga através da análise dos indicadores químicos de qualidade do solo na produção agrícola em Apodi, RN. **Revista Caatinga**, v.25, n.3, p.18-24, 2012.

MACEDO, S.F.S. et al. Physical properties of soil structures identified by the profil cultural under two Soil management systems. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.41, n.3, p.1-11, 2017.

MACHADO, D.L. et al. Fauna edáfica na dinâmica sucessional da Mata Atlântica em floresta estacional semidecidual na bacia no rio Paraíba do Sul, RJ. **Ciência Florestal**, v.25, n.1, p.91-106, 2015.

MAIA, C.E. et al. Estimativa de carbonato de cálcio aplicado via água de irrigação nas regiões da Chapada do Apodi e Baixo Açu, RN. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.5, n.1, p.71-75, 2001.

MARCOLIN, C.D.; KLEIN, V.A. Determinação da densidade relativa do solo por uma função de pedotransferência para a densidade do solo máxima. **Acta Scientiarum**, v.33, n.2, p.349-354, 2011.

MARINHO, A.C.C.S. et al. Organic matter and physicochemical attributes of a cambisol under different agricultural uses in a semi-arid region of Brazil. **Australian Journal of Crop Science**, v.10, n.1, p.32-41, 2016.

MARQUES, D.M. et al. Macrofauna edáfica em diferentes coberturas vegetais. **Bioscience Journal**, v.30, n.5, p.1588-1597, 2014.

MCCAULEY, A. et al. Soil pH and organic matter. **Nutrient Management**, module 8, p. 1-16, 2017.

MEDEIROS, J.S. et al. Eficiência de extratores de potássio disponível em solos do Estado da Paraíba com graus de desenvolvimento pedogenéticos diferentes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, n.1, p.183-194, 2010.

MIRANDA, T.S. et al. Análise tectono – gravimétrica com modelagem 2d e 3d do sistema aquífero Apodi, bacia Potiguar, Nordeste do Brasil. **Estudos Geológicos**, v.20, n.2, p.19-33, 2010.

MOTA, J.C.A. et al. Algumas propriedades físicas e hídricas de três solos na Chapada do Apodi - RN, cultivados com melão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, n.2, p.49-58, 2008.

MOTA, J.C.A. et al. Alterações físicas de um Cambissolo cultivado com bananeira irrigada na Chapada do Apodi, Ceará. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.39, n.3, p.1015-1024, 2015.

MOTA, J.C.A. et al. Impactos de uso e manejo do solo na variabilidade e qualidade de atributos físicos de Cambissolos. **Revista Agro@mbiente on-line**, v. 11, n. 4, p. 277-289, 2017.

MOTA, J.C.A. et al. Qualidade física de um Cambissolo sob sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.37, n.5, p.1196-1206, 2013.

- MUSINGUZI, P. et al. Soil organic carbon thresholds and nitrogen management in tropical agroecosystems: concepts and prospects. **Journal of Sustainable Development**, v.6, n.12, p.31- 43, 2013.
- NASCIMENTO, M.A.L. et al. Patrimônio geológico e minério no Nordeste do Brasil. **Boletim Paranaense de Geociências**, v.70, p.103-119, 2013.
- NAWAS, M.F. et al. Soil compaction impact and modelling. a review. **Agronomy for Sustainable Development**, v.33, n.2, p.291-309, 2012.
- NICHOLS, A.K.; HALVORSON, J.J. Roles of biology, chemistry, and physics in soil Macroaggregate formation and stabilization. **The Open Agriculture Journal**, v.7, p.107-117, 2013.
- NUNES, A.A.L. et al. Alluvial soil quality in agroforestry systems and native forest of the Brazilian semiarid region. **African Journal of Agricultural Research**, v.10, n.38, p.3731-3739, 2015.
- OLIVEIRA, D.P. et al. Microrelevo e a distribuição das frações granulométricas em Cambissolos de origem calcária. **Revista Ciência Agronômica**, v.44, n.4, p.676-684, 2013.
- OLIVEIRA, J.G.R. et al. Alterações na física do solo com aplicações de dejetos animais. **Geographia Opportuno Tempore**, v.2, n.2, p.66-80, 2016.
- ONTL, T.A. et al. Factor influencing soil aggregation and particulate organic matter responses to bioenergy crop across a topographic gradient. **Geoderma**, v.255, p.1-11, 2015.
- PIEDADE, A.R. **Sazonalidade da comunidade de macrofauna do solo em um gradiente de degradação de florestas ripárias na Amazônia Oriental**. Chapadinha, Universidade Estadual do Maranhão. 2016, 66p. (Dissertação de Mestrado).
- PIMENTEL, M.S. et al. Dynamics of epigeous macrofauna and organic soil management in the Brazilian semiarid region. **Semina**, v.33, n.1, p.183-192, 2012.
- PINTO, M.S.D. et al. O conflito socioambiental da Chapada do Apodi: uma análise sobre as violações de direitos do Projeto da Morte. **InSURgência**, v.1, n.2, p.237-276, 2016.
- PIRES, L.F. et al. Comparação de métodos de medida da densidade do solo. **Acta Scientiarum**, v.33, n.1, p.161-170, 2011.
- PONTES, A.G.V. et al. Os perímetros irrigados como estratégia geopolítica para o desenvolvimento do semiárido e suas implicações à saúde, ao trabalho e ao ambiente. **Ciência & Saúde Coletiva**, v.18, n.11, p.3213-3222, 2013.
- PORTELLA, C.M.R. et al. Soil aggregation under different management systems. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.36, n.6, p.1868-1877, 2012.
- POTT, C.A. et al. Qualidade física do solo em sistemas florestais, pecuários e integrados de lavouras. **Brazilian Journal of Applied Technology for Agricultural Science**, v.10, n.2, p.53-60, 2017.
- RABOT, E. et al. Soil structure as an indicator on soil functions: a review. **Geoderma**, v.314, p.122-137, 2018.

- REZENDE, L.P. et al. Identificação da macrofauna do solo em pastagem de *Panicum maximum* Jacq. e área submetida à queimada no município de Sambaíba-MA. **Biodiversidade**, v.16, n.1, p.155-166, 2017.
- RIBON, A.A. et al. Alterações na estabilidade de agregados de Latossolo e Argissolo em função do manejo, na entrelinha da seringueira (*Hevea brasiliensis*). **Revista Árvore**, v.38, p.1065-1071, 2014.
- RILLING, M.C. et al. Plant root and mycorrhizal fungal traits for understanding soil aggregation. **New Phytologist**, v.205, p.1385-1388, 2015.
- RIBEIRO, D.O.; VILELA, L.A.F. **Nutrientes** (apostila). 2007.
- RODRIGUES - ARTIGAS, S.M. et al. Factors that influence the beta-diversity of spider communities in northwestern Argentinean grasslands. **PeerJ**, v.4, p.1-19, 2016.
- RONQUIM, C.C. Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais. Campinas, SP: Embrapa Monitoramento por Satélite. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, 2010.
- RÓS, A.B. Sistemas de preparo do solo para o cultivo da batata-doce. **Bragantia**, v.76, n.1, p.113-124, 2017.
- ROSA, M.G. et al. Macrofauna edáfica e atributos físicos e químicos em sistema de uso de solo no Planalto Catarinense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.39, p.1544-1553, 2015.
- ROY, S. et al. Soil arthropods in soil health maintenance: areas of impulse for sugarcane production systems. **Sugar Tech**, v.20, n.4, p.376-391, 2018.
- RUAS LUCAS, J.F. et al. Curva de retenção de água no solo pelo método do papel filtro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, n.6, p.1957-1963, 2011.
- SACRAMENTO, J.A.A.S. et al. Soil carbon and nitrogen stocks in traditional agricultural and agroforestry systems in the semiarid region of Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.37, n.4, p.784-795, 2013.
- SANTOS, G.G. et al. Qualidade física do solo sob sistemas de integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, n.10, p.1339-1348, 2011a.
- SANTOS, H.G. et al. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. Brasília - DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2018. v.1, 590 p.
- SARDANS, J.; PENUELAS, J. Potassium: a neglected nutrient in global change. **Global Ecology and Biogeography**, v. 24, p.261-275, 2015.
- SCHLOTTER, M. et al. Microbial indicator for soil quality. **Biology Fertility Soils**, v.54, n.1, p.1-10, 2018.
- SENTÍS, I.P. Advances in the prognosis of soil sodicity under dryland and irrigated conditions. **International Soil and Water Conservation Research**, v.2, n.4, p.50-63, 2014.

- SILVA, A.M. et al. Erosividade da chuva e erodibilidade de Cambissolo e Latossolo na região de Lavras, sul de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, n.6, p.1811-1820, 2009.
- SILVA, M.L. et al. Soil water Retention curve as affected by sample height. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.42, n.2, p.1-13, 2018.
- SILVA, E.F. et al. Association of the occurrence of ant species (Hymenoptera: formicidae) with soil attributes, vegetation and climate in the Brazilian Savanna Northeastern region. **Sociobiology**, v.64, n.4, p.442-450, 2017.
- SILVA, F.N. et al. Rendimento de melão amarelo em resposta à aplicação de diferentes fontes e doses de fósforo. **Revista Verde**, v.5, n.2, p.213-221, 2010.
- SILVA, G.F. et al. Doses de nitrogênio e fósforo para produção econômica de milho na Chapada do Apodi, RN. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.12, p.1247-1254, 2014.
- SILVA, G.F. et al. Indicadores de qualidade do solo sob diferentes sistemas de uso na mesoregião do Agreste Paraibano. **Revista Caatinga**, v.28, n.3, p.25-35, 2015.
- SILVA, J. et al. Invertebrados edáficos em diferentes sistemas de manejo do cafeeiro na Zona da Mata de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.7, n.2, p.112-125, 2012.
- SOUSA, C.M. et al. Midgut of the diplopod *Urostreptus atrobrunneus*: structure, function, and redefinition of hepatic cells. **Brazilian Journal Biology**, v.77, n.1, p.132-139, 2017.
- SOUSA, G.M.R. et al. Práticas agrícolas sustentáveis no Assentamento de reforma agrária Moacir Lucena em Apodi (RN). **Cadernos de Agroecologia**, v. 6, n. 2, p. 55-60, 2011.
- SOUZA, R.O. et al. Soil attributes in agricultural uses and in the Semiarid RN-Brazil in eutrophic Cambisol. **African Journal of Agricultural Research**, v.10, n.37, p.3637-3643, 2015.
- SOUZA, T.A.F. **Mamoneira, macroartrópodes e o manejo da fertilidade do solo. Como práticas de manejo da fertilidade podem afetar o desenvolvimento vegetal e diversidade de macroartrópodes do solo?** Novas Edições Acadêmicas. 117 p.2016.
- STEFANOSKI, D.C. et al. Uso e manejo do solo e seus impactos sobre a qualidade física. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.12, p.1301-1309, 2013.
- STOLF, R. et al. Method to estimate soil macroporosity and microporosity based on sand content and bulk density. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, n.2, p.447-459, 2011.
- SUNER, L. et al. Soil phosphorus dynamics of wheat based cropping systems in the semiarid region of Argentina. **Applied and Environmental Soil Science**, <http://dx.doi.org/10.1155/2014/532807>, 2014.
- TISSIANI, A.S.O. et al. Environmental influence on coprophagous Scarabaeidae (Insecta coleoptera) assemblage in the Pantanal of Mato Grosso. **Brazilian Journal Biology**, v.75, n.4, p.136-142, 2014.
- VAZ, F. et al. A importância da meso e macrofauna do solo na fertilidade e como bioindicadores. **Biologia do Solo**, v.30, n.5, p.38-40. 2009.

VEZZANI, F.M.; MIELNICZUK, J. Uma visão sobre qualidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, n.2, p.743-755, 2009.

VICENTE, T.F.S. et al. Relações de atributos do solo e estabilidade de agregados em canaviais com e sem vinhaça. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.11, p.1-8, 2012.

XAVIER NETO, P. Processamento e interpretação de dados 2D e 3D de GPR: Aplicações no imageamento de feições Kársticas e estruturas de dissolução no campo de petróleo da Fazenda Belém – CE - **(Tese de doutorado)**. 191p. Natal, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2006

ZHANG, S. et al. Effects of conservation tillage on soil aggregation and aggregate binding agents in black soil of Northeast China. **Soil & Tillage Research**, v.124, p.196-202, 2012.

ZHANG, X. et al. A study of the water retention curve of lime-treated london Clay. **Acta Geotechnica**, v.12, p.23-45, 2017.

CAPÍTULO I

QUALIDADE FÍSICA E QUÍMICA DE SOLOS SOB AGROECOSSISTEMAS NA CHAPADA DO APODI-RN

RESUMO

GONDIM, JOAQUIM EMANUEL FERNANDES. **Qualidade física e química de solos sob agroecossistemas na Chapada do Apodi-RN.** Areia-PB, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba. Novembro de 2018. Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo. Orientador: Djail Santos, PhD.

A qualidade do solo é uma ferramenta importante para o entendimento do uso e manejo dos solos em agroecossistemas. No entanto, poucos são os estudos voltados a essa temática em agroecossistemas inseridos em Assentamentos Rurais na Chapada do Apodi-RN. A pesquisa foi realizada no Assentamento Moacir Lucena, Apodi-RN onde foram selecionados quatro ambientes representativos do local: Vegetação Nativa (VN – Latossolo Amarelo), Agroecológico (AA – Argissolo Amarelo), Cultivo de Ciclo Curto (AC – Cambissolo Háplico) e Fruticultura (AF – Latossolo Amarelo) realizadas aberturas de perfis e coletadas amostras deformadas e indeformadas em seus horizontes. Posteriormente esses resultados foram submetidos a interpolação para as profundidades 0,00-0,05 0,05-0,15 e 0,15-0,25 m pelo programa Sigmaplot. Os resultados das análises físicas e químicas foram submetidos a técnicas de estatística multivariada por meio da matriz de correlação, análise de agrupamento e a análise fatorial. Os índices de qualidade do solo foram gerados conforme metodologia proposta por Karlen e Stott (1994), onde realizou-se uma média dos dados para a camada 0,00-0,25 m. O uso da análise de agrupamento possibilitou a formação de três grupos para os ambientes e atributos físicos e químicos dos solos. O ambiente de Vegetação Nativa e Fruticultura (VN e AF – Latossolo) foram discriminados em função das variáveis físicas: areia grossa, areia fina e areia total bem como os atributos químicos carbono orgânico total, acidez potencial e alumínio. O Ambiente Agroecológico (AA – Argissolo Amarelo) foi discriminado pelas variáveis físicas argila e porosidade total, bem como os atributos químicos sódio e percentagem de sódio trocável. O Ambiente de Cultivo de Ciclo Curto (AC – Cambissolo Háplico) foi discriminado pelo diâmetro médio ponderado, cálcio, magnésio, soma de bases, capacidade de troca catiônica e pH. Em relação a qualidade do solo foram observados os maiores índices para as funções receber e armazenar água, armazenar e ciclar nutrientes e promover a conservação do solo no Ambiente de Cultivo de Ciclo Curto (AC - Cambissolo Háplico) e agroecológico (AA - Argissolo Amarelo), seguidos de Vegetação Nativa (VN – Latossolo Amarelo) e Fruticultura (AF – Latossolo Amarelo).

Palavras-chave: Atributos do solo, Assentamentos rurais, Semiárido.

ABSTRACT

GONDIM, JOAQUIM EMANUEL FERNANDES. **Physical and chemical quality of soils under agroecosystems in the Apodi Plateau RN.** Agrarian Science Center, Federal University of Paraiba, November 2018. Dissertation. Graduate Program in Soil Science. Advisor: Prof, Djail Santos, PhD.

Soil quality is an important tool for the use understanding and management in agroecosystems. However, few studies are focused on this subject in agroecosystems of Rural Settlements in the Apodi Plateau RN. The research was carried out at the Moacir Lucena Settlement, Apodi-RN. Four representative environments were selected: Native Vegetation (NV - Ferralsol), Agroecological (EA - Acrissol), Short Cycle Cultivation (SCC - Cambisol) and Fruticulture (EF - Ferralsol). Profile openings were made and collected deformed and undisturbed samples in their horizons. Subsequently, these results were subjected to interpolation in the depths 0,00-0,05 0,05-0,15 and 0,15-0,25 m by the Sigmaplot program. The results of the physical and chemical analyses were submitted to multivariate statistical techniques using correlation matrix, cluster analysis and factorial analysis. The soil quality attributes were generated according to the methodology proposed by Karlen and Stott (1994), where an average of the data was made for the layer of 0,00-0,25 m. The use of clustering analysis allowed the formation of three groups for the environments and physical and chemical attributes of the soils. The environment of Native Vegetation and Fruticulture (NV and EF - Ferralsol) were discriminated according to the physical traits: coarse sand, fine sand and total sand and the following chemical attributes: total organic carbon, potential acidity and aluminum. The Agroecological Environment (EA - Acrissol) was discriminated by the physical attributes, clay and total porosity, and the chemical attributes, sodium and percentage of exchangeable sodium. The Short Cycle Culture Environment (SCC - Cambisol) was discriminated by the average diameter, calcium, magnesium, sum of base, cation exchange capacity and pH. For the soil quality, the highest indexes were observed for the functions of receiving and storing water, storing and cycling nutrients and promoting soil conservation in the Short Cycle (SCC - Cambisol) and Agroecological environment (EA - Acrissol), followed by Native Vegetation (NV - Ferralsol) and Fruticulture (EF - Ferralsol).

Key words: Soil attributes, Semiarid, Rural settlements.

1 INTRODUÇÃO

A Chapada do Apodi, localizada entre os estados do Rio Grande do Norte e do Ceará, é considerada um polo produtivo, destacando-se a agricultura familiar com produção agroecológica em assentamentos rurais (PINTO et al., 2016; BRITO et al., 2017). A região atualmente convive com a expansão do agronegócio, em função das características locais favoráveis quanto ao clima, fertilidade dos solos e recursos hídricos, que vem se consolidando como um importante polo agrícola com destaque para a fruticultura irrigada para atender o mercado externo (PINTO et al., 2016). Os agroecossistemas dessas unidades produtivas estão inseridos em uma diversidade de classes de solos, com predominância de produção agroecológica, além da criação de animais, contribuindo para a geração de renda dos agricultores (BRITO et al., 2017).

Poucos são os estudos voltados a verificar a qualidade física e química dos solo sob diferentes uso e manejo nos agroecossistemas familiares na Chapada do Apodi - RN, sendo importante o monitoramento em função da modificação dos atributos do solo (físicos, químicos e biológicos) pela ação antrópica, principalmente os atributos físicos, que são mais sensíveis à degradação, pois a estrutura do solo do ponto de vista da física é dinâmica é complexa, onde seu comprometimento reflete no depauperamento da densidade do solo, porosidade, agregação e retenção de água no solo, comprometendo à produção agrícola nos agroecossistemas (STEFANOSKY et al., 2013; MARINHO et al., 2016; CAVALCANTE et al., 2016; MOTA et al., 2017).

É fato que a intensificação da produção de frutos na Chapada do Apodi-RN modificou o uso dos solos, onde matas nativas foram removidas e substituídas por áreas agrícolas, com demasiado uso do recurso. Como resultado, tem-se, em tese, à degradação dos atributos físicos, químicos e biológicos, causando grande perda no que se refere a qualidade do solo nos agroecossistemas (ALENCAR et al., 2015). Dependendo da intensidade dessas mudanças, os agroecossistemas podem ser afetados de forma negativa, o que torna os indicadores de qualidade do solo importantes ferramentas para monitorar se um determinado tipo de manejo ou uso do solo leva a sustentabilidade ou degradação desse recurso (SALVIANO et al., 2018).

Dessa forma, a pesquisa partiu da seguinte hipótese: (i) Agroecossistemas sob distintas classes de solos, manejos e usos agrícolas do solo influenciarão na qualidade física e química do solo. Face ao exposto, o presente estudo teve como objetivo verificar a qualidade por meio de atributos físicos e químicos em classes de solos sob distintos agroecossistemas em Assentamento Rural na Chapada do Apodi–RN.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Localização dos ambientes em estudo

A pesquisa foi realizada no Assentamento Moacir Lucena, situado no município de Apodi (05°39'51'' S, 37°47'56'' W) inserido na microrregião da Chapada do Apodi e mesoregião do Oeste Potiguar. De acordo com a classificação de Köppen, o clima desse município é BSh, um clima seco e semi-árido (ALVARES et al., 2013). O município de Apodi-RN apresenta precipitação pluvial anual média de 767 mm e temperatura média anual de 29,1°C com vegetação do tipo savana estépica (Caatinga).

2.2 Caracterização do Assentamento Moacir Lucena

O Assentamento Moacir Lucena está localizado na Chapada do Apodi, distando 22 km da sede do município de Apodi-RN, sendo a posse das terras no ano de 1998. Atualmente, é composto por 28 famílias, totalizando 118 pessoas entre adultos e crianças, com uma área total de 500 hectares, distribuídos em lotes coletivos e individuais, destinados a atividades agropecuárias. Na busca por novas alternativas e formas de produção e obtenção de rendas diferenciadas, a comunidade busca desenvolver uma proposta orientada pela agroecologia para o cultivo e produção, onde os agricultores procuram utilizar os recursos locais de maneira sustentável (SOUZA et al., 2011).

2.3 Histórico dos ambientes em estudo

Foram selecionados 4 (quatro) ambientes representativos do Assentamento Moacir Lucena, que se seguem: 1: Ambiente de Vegetação Nativa preservada (VN) (Caatinga) utilizada como referência; 2: Ambiente Agroecológico (AA) 3: Ambiente de Cultivo de Ciclo Curto (AC) e 4: Ambiente de Fruticultura (AF).

Tabela 1. Ambientes e classes, coordenadas geográficas e histórico de uso no Assentamento Moacir Lucena, Apodi-RN

Ambientes e classes de solos	Coordenadas geográficas	Histórico de uso
Ambiente de Vegetação nativa (VN - Latossolo Amarelo)	05°32'06,6" S 37°53'46,9" W	Ambiente com presença das principais espécies do bioma caatinga como: catingueira (<i>caesalpinia pyramidalis</i> Tul.) mofumbo (<i>Combretum leprosum</i> L.) juazeiro (<i>Ziziphus joazeiro</i> Mart.) Macambira (<i>Bromelia laciniosa</i>) e jurema preta (<i>Mimosa hostilis</i> Benth.). A área possui 60 ha.
Ambiente Agroecológico (AA - Argissolo Amarelo)	05°33'16,8" S 37°53'19,4" W	Ambiente onde ocorre o plantio de culturas em consórcio no período chuvoso tais como: feijão de corda (<i>Vigna unguiculata</i> L. Walp) milho (<i>Zea mays</i> L.) jerimum (<i>Cucurbita</i> spp.) sorgo (<i>Sorghum bicolor</i> L.) gergelim (<i>Sesamum indicum</i> L.) e melancia (<i>Citrullus lanatus</i> L.). O manejo agroecológico da área surgiu por meio da formação dos próprios assentados em trabalhar a terra de modo agroecológico, como meio de produção de alimentos mais saudáveis. No período seco a área recebe práticas de raleamento e rebaixamento da Caatinga. A área plantada possui 1 ha.
Ambiente de Cultivo de Ciclo Curto (AC - Cambissolo Háptico)	05°33'14,5" S 37°53'14,5" W	Ambiente com histórico de cultivo de sorgo (<i>Sorghum bicolor</i> L.) em 2 ha. O solo encontra-se atualmente coberto por plantas espontâneas, o ambiente não vem sendo cultivado há 6 anos, em função das sucessivas secas ocorridas na região.
Ambiente de Fruticultura (AF - Latossolo Amarelo)	05°31'49,8" S 37°54,02' 5" W	Ambiente de lotes coletivos, antes dos agricultores (as) conseguirem a posse do Assentamento a área era destinada a produção de algodão (<i>Gossypium hirsutum</i> L.) pelo antigo proprietário do local, com preparo do solo por meio de aração e gradagem. Há cerca de 10 anos a área vem sendo cultivada com cajueiro (<i>Anacardium occidentale</i> L.) com realização de podas de manutenção todos os anos, bem como podas drásticas a cada 5 anos. A área possui 20 ha.

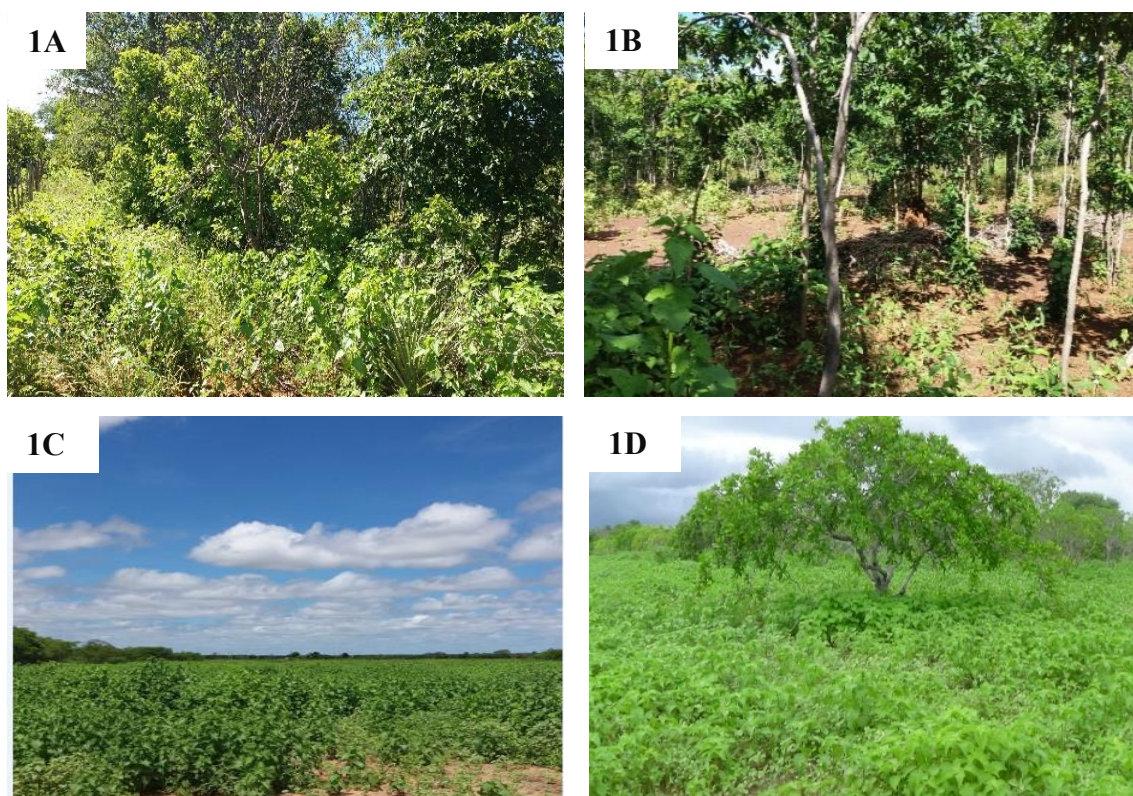


Figura 1. Ambientes estudados no Assentamento Moacir Lucena, Apodi-RN. 1A: (Vegetação Nativa - Latossolo Amarelo) 1B: (Agroecológico - Argissolo Amarelo) 1C: (Cultivo de Ciclo Curto - Cambissolo Háplico) e 1D: (Fruticultura - Latossolo Amarelo).

2.4 Amostragem dos solos

Realizou-se a abertura e classificação dos perfis de solo, conforme Santos et al. (2018). Os horizontes foram classificados como: A, BA, Bw, BC (Ambiente de Vegetação Nativa - Latossolo Amarelo) A, BA, Bt, BC, C (Ambiente Agroecológico - Argissolo Amarelo) Ap, BA, BC, Bi, C (Ambiente de Cultivo de Ciclo Curto - Cambissolo Háplico) e A, AB, BA, Bw, C (Ambiente de Fruticultura - Latossolo Amarelo).

Posteriormente, foram coletadas amostras com estrutura deformada e indeformada nos respectivos horizontes. As amostras deformadas foram acondicionadas em sacos plásticos, identificadas secas ao ar, destorroadas e passadas em peneiras de 2,0 mm para obtenção da terra fina seca ao ar (TFSA) antes da realização das análises físicas e químicas do solo. As amostras indeformadas foram coletadas com auxílio de anéis volumétricos com dimensões de 0,05 m de altura e 0,05 m de diâmetro, nos horizontes de cada perfil dos solos, sendo amostrada 10 anéis por horizonte. As análises foram realizadas no Complexo de Laboratórios de Análise de Solo Água e Planta, da Universidade Federal Rural do Semiárido (LASAP/UFERSA) em Mossoró - RN. Os resultados das análises dos atributos físicos e

químicos obtidos nos horizontes, foram interpolados para as camadas de 0,00-0,05, 0,05-0,15 e 0,15-0,25 m, para cada ambiente em estudo. A interpolação foi realizada por meio do programa Sigmaplot versão 10® para verificar os possíveis efeitos do uso e manejo desses solos no ambiente.

2.5 Análises físicas do solo

A análise granulométrica foi realizada pelo método da pipeta, utilizando o dispersante químico hexametáfosfato de sódio e água destilada em 20 g da terra fina seca ao ar (TFSA) com agitação mecânica lenta (Agitador tipo Wagner 50 rpm) por um período de 16 horas. A areia (2 a 0,05 mm) foi quantificada por tamisagem, a argila (<0,002 mm) por sedimentação e o silte (0,05 a 0,002 mm) por diferença entre as frações areia total e argila, conforme Teixeira et al. (2017).

A densidade do solo foi determinada calculando-se a relação entre massa de solo seco a 105 °C e volume total do anel (BLAKE; HARTAGE, 1986) utilizando-se anéis volumétricos com dimensões de 0,05 m de altura e 0,05 m de diâmetro, conforme equação abaixo:

$$\rho = M_{ss} / V_t$$

Onde: ρ = Densidade do solo (g cm^{-3}) M_{ss} = Massa de solo seco em estufa a 105 °C e V_t = volume total do anel (cm^3).

A porosidade total foi determinada pelo conteúdo de água na amostra saturada (0 kPa) a microporosidade por drenagem com a aplicação da sucção a 6 kPa e a macroporosidade por diferença entre a porosidade total e a microporosidade (TEIXEIRA et al., 2017).

Para o estudo dos agregados a amostragem do solo foi realizada com o auxílio de uma pá reta. Os blocos de material de solo extraídos foram passados em peneiras com abertura de malha de 4,76 mm. Os agregados que ficaram retidos na peneira de 4,76 mm foram acondicionados em potes, devidamente identificados e fechados, para evitar perda de umidade. Quatro amostras de 25 g cada, após pré-umedecimento, foram transferidas para um conjunto de 4 peneiras com diâmetros de malha: 4,00 a 2,00 mm; 2,00 a 1,00 mm; 1,00 a 0,5 mm e 0,5 a 0,25 mm. Após a separação dos agregados, obtida por agitação em água por meio do aparelho de oscilação vertical (42 oscilações/minuto) as amostras foram levadas a estufa para secagem a 105 °C (KEMPER; CHEPIL, 1965).

Após a obtenção da massa seca e descontada a fração areia foi obtida a distribuição do tamanho dos agregados e a percentagem de agregação, bem como os diâmetros médio ponderado (DMP) e geométrico (DMG). O cálculo para os diâmetros médios ponderado e geométrico foi obtido conforme Castro Filho et al. (1998).

$$DMP = \sum_{i=1}^n (xi \cdot wi)$$

onde: wi = massa ou % ; xi = diâmetro médio das classes (mm).

$$DMG = EXP \frac{\sum_{i=1}^N wp \cdot \log xi}{\sum_{i=1}^N wi}$$

wp = peso dos agregados de cada classe (g)

Para determinação da curva de retenção de água no solo foram utilizadas amostras com estrutura indeformada. As amostras indeformadas foram coletadas utilizando amostrador tipo Uhland em anéis volumétricos com dimensões de 0,05 m de altura e 0,05 m de diâmetro. Após a coleta, os anéis foram revestidos com papel alumínio e, posteriormente, levados ao laboratório com o cuidado de manter a estrutura e a umidade do solo original. Para a obtenção da curva de retenção, foram utilizadas as tensões 0; 6; 10; 33; 100; 500; 1000 e 1500 kPa. A mesa de tensão foi utilizada para aplicação das tensões 6 e 10 kPa, câmaras de baixa tensão para os pontos 33 e 100 kPa, e de média e alta tensão para os pontos 500, 1000 e 1500 kPa. As amostras foram mantidas, tanto nas mesas de tensão como nas câmaras de pressão, pelo tempo necessário para atingir o equilíbrio, ou seja, o momento em que a drenagem de água foi cessada. O ajuste das curvas de retenção da água no solo foi realizado com base na equação de van Genuchten (1980) utilizando o software Retc (VAN GENUCHTEN et al., 2009). A equação considera o potencial mátrico (ϕ_m) como variável independente e a umidade volumétrica (θ) como variável dependente:

$$\theta = \theta_r + \frac{\theta_s - \theta_r}{\left[1 + (\alpha \cdot |\phi_m|)^n\right]^m}$$

onde: θ_r = umidade volumétrica residual ($\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$) θ_s = umidade volumétrica saturada ($\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$) $|\phi_m|$ = potencial mátrico (kPa) e α , m , n = parâmetros empíricos da equação. O valor

da capacidade de campo (CC) foi definido na tensão de 33 kPa (para solos argilosos) e 10 kPa (para solos arenosos) o ponto de murcha permanente (PMP) foi obtido com a tensão de 1500 kPa. A água disponível (AD) foi determinada pela diferença entre CC e PMP.

2.6 Análises químicas dos solos

As análises químicas avaliadas foram: potencial hidrogeniônico (pH) em água, condutividade elétrica (CE) em água, carbono orgânico total (COT) por digestão da matéria orgânica, teor de cálcio trocável (Ca^{2+}) e magnésio trocável (Mg^{2+}) com extrator cloreto de potássio, acidez potencial (H+Al) com utilização de acetato de cálcio, análise do fósforo (P), sódio (Na^+) e potássio (K^+) com extrator Mehlich 1, sendo analisados conforme (TEIXEIRA et al., 2017). Posteriormente foram calculadas a capacidade de troca de cátions (CTC) soma de bases (SB) saturação por bases (V) saturação por alumínio (m) e percentagem de sódio trocável (PST). A interpretação das análises químicas do solo foi realizada conforme manual de recomendações para uso de corretivos e fertilizantes de Minas Gerais (RIBEIRO et al., 1999).

2.7 Análise estatística dos dados

Os resultados dos atributos do solo foram expressos por meio da média de três repetições no laboratório e submetido a técnica de análise multivariada, especificamente por meio de Análise de agrupamento (AA) análise de componentes principais (ACP) e análise fatorial (AF). Para a Análise de agrupamento, adotou-se a distância euclidiana como medida de similaridade e o método de Ward para ligar os casos entre si, utilizando o software STATISTICA versão 7.0 (STATISTICA, 2004).

2.8 Índices de qualidade do solo

Após as análises nas três profundidades, foi produzida uma média dos valores obtidos para a camada de 0,00-0,25 m para cada indicador. Para avaliar a qualidade dos solos do presente estudo foi utilizado o modelo IQS proposto por Karlen e Stott (1994). Trata-se de um modelo aditivo onde os índices são gerados considerando as principais funções do solo associando os indicadores a cada uma das funções onde são atribuídos pesos específicos para os indicadores e as funções principais.

Foram definidas dessa forma quatro funções principais do solo: 1) receber e armazenar água (RAA), 2) promover o crescimento das raízes (PCR), 3) armazenar e ciclar nutrientes (ACN) e 4) promover a conservação do solo (PCS). Para cada função principal do solo foi assumida grau de importância com peso 0,25 para cada uma, sendo o somatório igual a 1 (considerado grau ideal de qualidade do solo). Cada função principal do solo foi associada a um conjunto de indicadores de qualidade para quantificar o comportamento da referida função no ambiente, e esses indicadores receberam pesos específicos no desempenho da função a que estão associados, sendo o somatório dos indicadores igual a 1. Os indicadores foram selecionados em cada função principal com base na literatura (Tabela 2).

Como cada indicador possui uma unidade de medida ocorreu a necessidade de padronização das mesmas. Os indicadores foram padronizados para escores que variaram de 0 a 1, empregando-se a equação proposta por Wymore (1993), onde:

$$v = \frac{1}{1 + \left(\frac{B-L}{x-L} \right)^{2S(B+x-2L)}}$$

V = pontuação padronizada;

B = valor crítico ou limite base do indicador, cuja pontuação equivale a 0,5;

L = limite inferior ou pior valor do indicador, podendo ser zero;

S = inclinação da tangente da curva do limite base ou do valor crítico do indicador e

X= valor do indicador medido no campo.

Tabela 2. Funções principais e indicadores de qualidade do solo

Funções principais	Ponderadores das funções	Indicadores de qualidade	Ponderadores dos indicadores	Referência
Receber e armazenar água	0,25	Ds	0,15	Araújo et al. (2004)
		Pt	0,15	Araújo et al. (2004)
		DMP	0,15	Cândido et al. (2015)
		DMG	0,15	Cândido et al. (2015)
		COT	0,40	Freitas et al. (2010)
Promover o crescimento das raízes	0,25	Pt	0,10	Araújo et al. (2004)
		Ds	0,10	Araújo et al. (2004)
		COT	0,40	Freitas et al. (2010)
		SB	0,10	Jakelaitis et al. (2008)
		CTC	0,10	Jakelaitis et al. (2008)
		P	0,10	Dias e Griffith (1998)
		K	0,10	Dias e Griffith (1998)
Armazenar e ciclar nutrientes	0,25	COT	0,40	Freitas et al. (2010)
		pH	0,20	Dias e Griffith (1998)
		SB	0,20	Dias e Griffith (1998)
		CTC	0,20	Dias e Griffith (1998)
Promover a conservação do solo	0,25	DMP	0,12	Cândido et al. (2015)
		COT	0,40	Freitas et al. (2010)
		Pt	0,12	Araújo et al. (2004)
		Ma	0,12	Cardoso et al. (2008)
		Mi	0,12	Cardoso et al. (2008)
		Ds	0,12	Freitas et al. (2010)

Ds: Densidade do solo; Pt: Porosidade total; DMP: Diâmetro médio ponderado; DMG: Diâmetro médio geométrico; COT: Carbono orgânico total; SB: Soma de bases; CTC: Capacidade de troca catiônica; P: Fósforo; K: Potássio; Ma: Macroporosidade; Mi: Microporosidade.

Para aplicar a equação de Wymore (1993), foi necessário inicialmente calcular a inclinação (S) da tangente da curva de pontuação no valor crítico do indicador. Para tanto, alguns fatores foram levados em consideração.

Foram realizados alguns ajustes onde foi considerado para B o valor médio do respectivo indicador e para L o valor mínimo observado do indicador, conforme Alvarenga et al. (2012). Para x foi considerado o valor mínimo do indicador acrescentando quatro casas decimais, exatamente 0001. Para S foram estimados valores crescentes de 0,1 a 10 e de -10 a -0,1 quando as curvas eram do tipo “mais é melhor” (inclinação positiva) e “menos é melhor” (inclinação negativa), respectivamente. Para a curva tipo “ótima” onde existe um valor ótimo para cada indicador que apresenta esse comportamento que é definido com base na literatura. Sendo assim, o valor estimado para s foi entre 0,1 e 10, para os valores abaixo do valor ótimo e de -10 a -0,1 para os valores acima do valor crítico. Os comportamentos das três curvas encontram-se na figura 2. Após ajustes a equação foi aplicada e, em seguida gerado o gráfico para obtenção da inclinação da tangente no valor crítico do indicador e obtido o valor s .

Com o valor de s definido aplicou-se a equação de padronização com os ajustes de B e L (ALVARENGA et al., 2012), e o valor de x obtido em campo para cada indicador. Os valores padronizados de cada indicador foram aplicados no modelo IQS proposto por Karlen e Stott (1994) para obtenção dos índices em cada ambiente estudado. O cálculo do IQS foi realizado em duas etapas:

$$1) Q_{FPn} = I_1 + (W_1) + I_2 + (W_2) + I_n + (W_n)$$

$$2) IQS = Q_{FP1} (W_{FP1}) + Q_{FP2} (W_{FP2}) + Q_{FP3} (W_{FP3}) + Q_{FP4} (W_{FP4}) + Q_{FPn} (W_{FPn})$$

Onde: Q_{FPn} = refere-se à qualidade da função principal do solo; I = refere-se aos escores padronizados dos indicadores de qualidade relacionada a cada função principal w = refere-se aos ponderadores relacionados a cada indicador ou a cada função principal e IQS = é o índice integrado da qualidade do solo.

Após calcular o IQS nos sistemas desenvolvidos, o índice foi avaliado conforme Souza (2005), utilizando a seguinte classificação: $> 0,71$ - ótima; $0,50 - 0,70$ = média e $< 0,50$ = ruim.

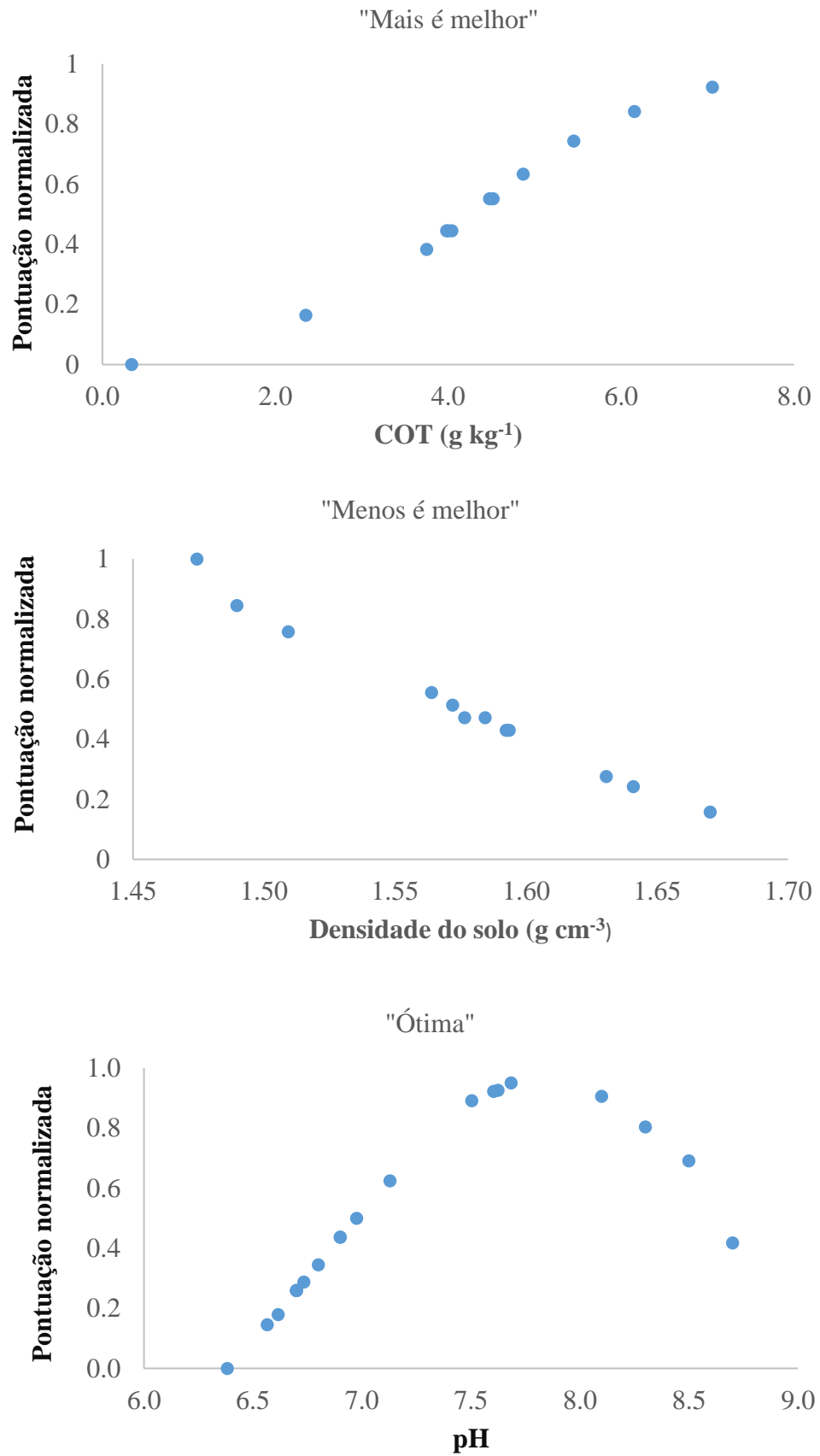


Figura 2. Exemplos de funções de pontuação normalizada conforme a natureza do indicador de qualidade do solo (Karlen e Stott, 1994).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A tabela 3 representa a distribuição do tamanho das partículas nos quatros ambiente e três profundidades no Assentamento Moacir Lucena, Apodi-RN. O Ambiente de Vegetação Nativa apresentou classificação franco argilo arenosa nas três profundidade, já o ambiente Agroecológico apresentou textura franco arenosa em superfície, com predomínio de argila em profundidade, o Ambiente Cultivo de Ciclo Curto apresentou classificação franco argilo arenosa em duas profundidades (0,00-0,05 0,05-0,15 m) e argila em profundidade, enquanto que o Ambiente de Fruticultura obteve classificação franco arenosa em superfície, franco argilo arenosa e argilo arenosa em profundidade.

Tabela 3. Distribuição do tamanho das partículas e classificação textural, nas respectivas camadas, ambientes e classes de solos no Assentamento Moacir Lucena, Apodi-RN

Prof. m	Distribuição do tamanho das partículas					Classificação Textural
	Areia Grossa	Areia Fina	Areia Total	Silte	Argila	
	(g kg ⁻¹)					
Ambiente Vegetação Nativa (VN) – Latossolo Amarelo						
0,00-0,05	410	220	630	150	220	Franco-argiloarenosa
0,05-0,15	420	190	610	110	280	Franco-argiloarenosa
0,15-0,25	410	170	570	90	340	Franco-argilo arenosa
Ambiente Agroecológico (AA) – Argissolo Amarelo						
0,00-0,05	470	130	600	230	170	Franco-arenosa
0,05-0,15	310	120	430	110	460	Argila
0,15-0,25	220	90	310	60	630	Muito argilosa
Ambiente de Cultivo de Ciclo Curto (AC) – Cambissolo Háplico						
0,00-0,05	450	220	670	90	240	Franco-argiloarenosa
0,05-0,15	360	160	520	140	340	Franco-argiloarenosa
0,15-0,25	300	120	420	160	420	Argila
Ambiente de Fruticultura (AF) – Latossolo Amarelo						
0,00-0,05	510	290	800	60	140	Francoarenosa
0,05-0,15	470	230	700	30	270	Franco-argiloarenosa
0,15-0,25	390	160	550	30	420	Argiloarenosa

A tabela 4 apresenta os atributos físicos estruturais para os quatro ambientes (Ambiente de Vegetação Nativa VN – Latossolo Amarelo, Ambiente Agroecológico – AA Argissolo Amarelo, Ambiente de Cultivo de Ciclo Curto AC – Cambissolo Háplico e Ambiente de Fruticultura – AF Latossolo Amarelo) nas três profundidades (0,00-0,05 0,05-0,15 e 0,15-0,25 m). Observa-se maior valor de densidade do solo para o Ambiente de Fruticultura (AF – Fruticultura) na profundidade 0,15-0,25 m, maior microporosidade no Ambiente de Cultivo de Ciclo Curto nas três profundidades, já a porosidade total e umidade volumétrica no Ambiente Agroecológico. Em relação a capacidade de campo e água disponível, os maiores valores foram atribuídos ao Ambiente Agroecológico (AA –

Argissolo). Os maiores valores de diâmetro médio ponderado e geométrico foram observados no Ambiente Cultivo de Ciclo Curto (AC – Cambissolo).

Tabela 4. Atributos físicos médios dos solos em estudo no Assentamento Moacir Lucena, Apodi-RN

Prof. m	Ds g cm ⁻³	Microp -----%-----	Macrop -----	Pt det -----	CC -----cm ³ cm ⁻³ -----	PMP cm ³ cm ⁻³	AD -----	DMP -----mm-----	DMG -----
Ambiente de Vegetação Nativa (VN) – Latossolo Amarelo									
0,00-0,05	1,58	30,80	13,09	44,80	0,24	0,05	0,19	1,69	1,12
0,05-0,15	1,57	33,20	11,60	45,70	0,25	0,07	0,18	1,03	0,76
0,15-0,25	1,56	35,00	9,80	44,80	0,25	0,09	0,16	0,71	0,60
Ambiente Agroecológico (AA) – Argissolo Amarelo									
0,00-0,05	1,59	29,50	12,60	42,10	0,21	0,02	0,19	1,05	0,90
0,05-0,15	1,57	37,80	12,20	49,90	0,29	0,02	0,27	1,60	1,00
0,15-0,25	1,64	42,90	13,00	55,90	0,12	0,01	0,11	1,90	1,00
Ambiente Cultivo de Ciclo Curto (AC) – Cambissolo Háplico									
0,00-0,05	1,50	38,80	10,30	48,30	0,26	0,13	0,13	2,83	1,00
0,05-0,15	1,49	40,60	10,00	50,60	0,27	0,15	0,12	2,94	1,00
0,15-0,25	1,47	42,60	9,00	51,70	0,27	0,15	0,12	2,90	0,92
Ambiente de Fruticultura (AF) – Latossolo Amarelo									
0,00-0,05	1,59	31,10	12,90	44,0	0,20	0,03	0,17	0,99	0,90
0,05-0,15	1,63	34,80	9,60	44,4	0,20	0,11	0,09	1,00	0,80
0,15-0,25	1,67	34,70	9,70	44,4	0,28	0,04	0,24	1,00	0,90

Ds: Densidade do solo (g cm⁻³) Mi: Microporosidade (%) Ma: Macroporosidade (%) Pt: Porosidade total (%) CC: Capacidade de campo (cm³ cm⁻³) PMP: Ponto de murcha permanente (cm³ cm⁻³) AD: Água disponível (cm³ cm⁻³) DMP: Diâmetro médio ponderado (mm) DMG: Diâmetro médio geométrico (mm).

O estudo da matriz de correlação por meio da tabela 5 demonstrou a existência de correlações significativas ($p < 0,05$) entre os atributos físicos estruturais dos solos nos quatro ambientes para a profundidade de 0,00-0,25 m. Foram verificadas correlações positivas e negativas entre os atributos areia fina, areia grossa, areia total, argila, densidade do solo, microporosidade, macroporosidade e demais variáveis.

Correlações positivas foram observadas entre as frações inorgânicas areia fina com areia total ($r = 0,97$) e entre areia grossa e areia total ($r = 0,93$). Observou-se ainda que o atributo estrutural microporosidade se correlacionou positivamente com a porosidade total ($r = 0,93$), indicando que conforme aumenta a microporosidade eleva-se a porosidade total. As correlações negativas ocorridas entre as frações areia fina, areia grossa, areia total e a fração argila é explicada pela natureza distinta das frações granulométricas, e ainda pela redução da areia e aumento da argila em profundidade para as três profundidades nos quatro ambientes em estudo.

A fração argila se correlacionou positivamente com a microporosidade e a porosidade total, em função da mesma ser a fração ativa e coloidal do solo, onde ocorre maior reatividade, além da maior presença de microporos e área superficial específica

(MARCOLIN; KLEIN, 2011). Ao avaliar a qualidade física em classes de solos no semiárido da Bahia, utilizando análise de estatística multivariada, Arcoverde et al. (2015), obtiveram correlação negativa da fração areia com a variável microporosidade do solo ($r = -0,94$) para a camada 0,00-0,10, ($r = -0,93$), 0,10-0,20 e ($r = -0,92$) e 0,20-0,40 m. Os autores ressaltam que a correlação negativa é justificada em função do predomínio das frações areia média e grossa que contribui com uma menor microporosidade nos solos estudados.

Tabela 5. Matriz de correlação de Pearson entre as variáveis dos atributos físicos estruturais dos solos nos ambientes em estudo para a camada 0,00-0,25 m, Assentamento Moacir Lucena, Apodi-RN

	AF	AG	AT	Silte	Argila	Ds	Mi	Ma	Pt	DMP	DMG	CC	PMP	AD
AF	1,00													
AG	0,82	1,00												
AT	0,97	0,93	1,00											
Silte	0,00	-0,31	-0,13	1,00										
Argila	-0,94	-0,77	-0,91	-0,29	1,00									
Ds	0,08	0,03	0,06	-0,52	0,16	1,00								
Mi	-0,81	-0,56	-0,74	-0,14	0,78	-0,39	1,00							
Ma	0,04	0,08	0,06	0,20	-0,15	0,34	-0,43	1,00						
Pt	-0,88	-0,59	-0,80	-0,07	0,80	-0,29	0,93	-0,07	1,00					
DMP	-0,44	-0,23	-0,38	0,30	0,24	-0,74	0,71	-0,25	0,69	1,00				
DMG	-0,29	-0,10	-0,22	0,23	0,11	-0,11	0,20	0,45	0,41	0,59	1,00			
CC	0,10	0,01	0,06	0,20	-0,15	-0,47	0,00	-0,47	-0,20	0,22	-0,02	1,00		
PMP	0,10	0,20	0,14	0,11	-0,18	-0,73	0,37	-0,75	0,10	0,58	-0,15	0,40	1,00	
AD	-0,01	-0,19	-0,09	0,06	0,05	0,31	-0,36	0,34	-0,26	-0,38	0,13	0,45	-0,64	1,00

AF: Areia fina; AG: Areia grossa; AT: Areia total; Ds: Densidade do solo; Ma: Macroporosidade; Mi: Microporosidade; Pt: Porosidade total; DMP: Diâmetro médio ponderado; DMG: Diâmetro médio geométrico; CC: Capacidade de campo; PMP: Ponto de murcha permanente; AD: Água disponível.

Após a análise da matriz de correlação foi realizada a análise de agrupamento representada pelo dendrograma, com variação na distância euclidiana entre os ambientes e os atributos físicos dos solos, demonstrando distinção entre os mesmos (Figura 3). A leitura do dendrograma é feita da direita para a esquerda, em que o eixo x indica os grupos formados por ordem decrescente, enquanto que o eixo y representa a distância euclidiana entre a formação dos grupos. Ao se traçar uma reta ao nível de 20% de dissimilaridade, foi possível

verificar a formação de três grupos distintos entre os ambientes e os atributos físicos dos solos para as três profundidades em estudo.

O grupo I reúne os ambientes Vegetação Nativa (VN - Latossolo) na camada 0,00-0,05 m e Agroecológico (AA - Argissolo) camada 0,05-0,15 e 0,15-0,25 m, e as variáveis areia fina, porosidade total, argila, microporosidade e areia total. O grupo II reúne os ambientes Vegetação Nativa (VN - Latossolo) nas camadas 0,00-0,05, 0,15-0,25, ambiente Agroecológico na camada 0,00-0,05 m e Ambiente de Fruticultura nas camadas 0,00-0,05, 0,05-0,15 e 0,15-0,25 m e as variáveis areia grossa, água disponível, capacidade de campo, silte, macroporosidade e ponto de murcha permanente. O grupo III reúne apenas o Ambiente Cultivo de Ciclo Curto (AC - Cambissolo) para as três profundidades (0,00-0,05, 0,05-0,15 e 0,15-0,25 m) com as variáveis diâmetro médio geométrico, diâmetro médio ponderado e densidade do solo.

A menor dissimilaridade ocorreu no grupo III, representado pelo Ambiente de Cultivo de Ciclo Curto na classe de Cambissolo, em função da menor distância euclidiana em relação aos demais grupos (Figura 3). Em termos de atributos físicos, as menores distâncias euclidianas (maior proximidade do eixo x) ocorreram para macroporosidade e silte no grupo II. Esse fato indica maior semelhança dessas variáveis entre si (Figura 3). Conforme a disposição gráfica, ambientes pouco distanciados em relação ao eixo x possuem maior semelhança entre si, quando comparados a ambientes muito distanciados, essas diferenças de agrupamento resultam, portanto, das diferenças observadas dos atributos, possibilitando uma análise mais generalizada da qualidade dos ambientes em estudo (FREITAS et al., 2014).

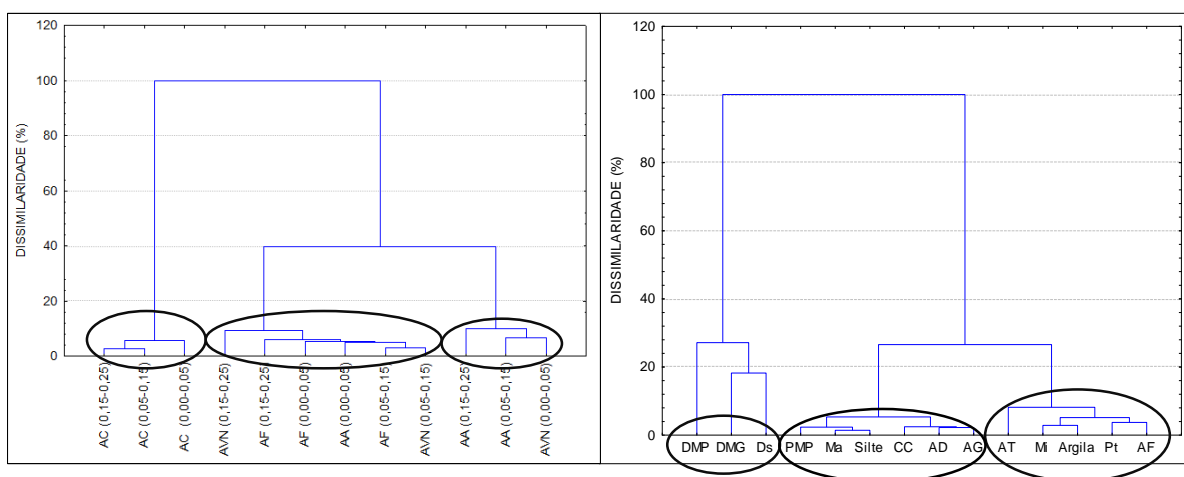


Figura 3. Dendrogramas verticais da matriz de distâncias, pelo método de agrupamento por ligação simples.

A análise de componentes principais (Figura 4 A, B, C e D) representa os diagramas de projeção dos vetores para os atributos físicos dos solos, permitindo confirmar a influência destes na diferenciação dos ambientes em estudo. No círculo de correlação (Figura 4A) a

componente principal 1 explicou 39,96% onde as frações inorgânicas areia grossa, areia fina e areia total (AG, AF e AT) se concentraram próximas, e foram discriminantes para os Ambientes de Fruticultura e Vegetação Nativa (AF e VN - Latossolo). Essa discriminação refere-se ao fato desses ambientes estarem sob classe de Latossolo (principalmente o Ambiente de Fruticultura) que em sua camada superficial apresentou maiores valores de areia fina (510 g kg^{-1}), areia grossa (290 g kg^{-1}) e areia total (800 g kg^{-1}) em relação aos demais ambientes (Tabela 3). Ainda no círculo de correlação, observa-se que a variável argila discriminou o Ambiente Agroecológico (AA - Argissolo) na camada de 0,15-0,25 m devido ao maior valor (630 g kg^{-1}) esse maior valor de argila também refletiu em maiores valores de porosidade total ($P_t = 55,90\%$) para o referido ambiente (Tabela 4).

O Ambiente Agroecológico recebe pouca interferência antrópica, já que os restos culturais do milho e do feijão permanecem no solo após as colheitas, bem como quando ocorre raleamento os resíduos são distribuídos em faixa ao longo do ambiente objetivando a cobertura e proteção física do solo contra a erosão. Todas essas práticas contribuem para a manutenção da qualidade estrutural do solo, o que neste estudo foi refletido em melhores condições para a porosidade total. Sistemas de manejo conservacionistas, que se baseiam na manutenção da cobertura com resíduos de culturas e mínimas perturbações antrópicas ao solo, melhoram propriedades físicas estruturais como a porosidade total (TUCHTENHAGEN et al., 2018).

A variável microporosidade discriminou o Ambiente de Cultivo de Ciclo Curto (AC – Cambissolo) para as três profundidades. A predominância de microporos nesse ambiente deve-se ao fato da classificação textural franco argilo arenosa, e argila, nas três camadas, respectivamente (Tabela 3) haja vista que solos argilosos, por natureza, apresentam maior microporosidade (MIOTTI et al., 2013). Para a componente principal 2 (Figura 4A) as variáveis densidade do solo, ponto de murcha permanente e diâmetro médio ponderado foram os atributos estruturais mais sensíveis, distinguindo os dois ambientes, sendo a densidade do solo maior na camada de 0,15-0,25 m do Ambiente de Fruticultura (AF – Latossolo) (Tabela 4).

Essa maior densidade na camada 0,15-0,25 m pode ser explicada devido ao ambiente ter um histórico de tráfego de máquinas com a cultura do algodão, e há alguns anos vem sendo utilizado para a fruticultura, embora atualmente o tráfego de máquinas seja inexistente. O tráfego de máquinas ao longo do tempo contribui para o aumento da densidade do solo em função da pressão dos pneus comprimindo à superfície, que culmina com a expulsão do ar e redução dos poros do solo, principalmente macroporos (LOPES et al., 2015; SOUSA et al., 2018). Outro fato advém da própria classe de solos, já que os Latossolos

apresentam maior densidade em função da textura predominantemente arenosa e da presença de óxidos de ferro em sua mineralogia (TANVEERA et al., 2016). Resultados de maior densidade do solo ao longo do tempo foram relatados por Marinho et al. (2016) em ambiente convencional ($1,58 \text{ g cm}^{-3}$) em relação a ambientes agroecológico ($1,24 \text{ g cm}^{-3}$) e vegetação nativa ($1,25 \text{ g cm}^{-3}$) na Chapada do Apodi-RN. Os autores mencionam que logo após o preparo ocorre redução da densidade, entretanto, ao longo do tempo a superfície do solo fica consolidada, favorecendo o aumento da densidade.

Estudos ao avaliarem a compressibilidade do solo sob cultivos irrigado perene e anual em ambiente semi-árido na Chapada do Apodi, Watanabe et al. (2017) constataram maiores valores de densidade do solo no preparo convencional irrigado com banana entre fileiras por 15 anos ($1,68 \text{ Mg m}^{-3}$) na camada superficial (0,00-0,10 m) em relação a pastagem ($1,52 \text{ Mg m}^{-3}$) sucessão de milho e feijão por 2 anos ($1,62 \text{ Mg m}^{-3}$) e vegetação nativa ($1,62 \text{ Mg m}^{-3}$). Ao avaliar a qualidade física de um Latossolo sob plantio direto e preparo convencional no semiárido com os cultivos de sorgo, girassol e milho Sales et al. (2016) constataram que a densidade do solo foi menor nos sistemas de preparo convencional em relação ao plantio direto, inicialmente, o preparo do solo reduz a densidade devido ao revolvimento do solo, enquanto que no plantio direto a camada superficial tende a consolidação em função do não revolvimento.

Este estudo demonstrou que a densidade do solo no Ambiente de Fruticultura (AF-Latossolo) apresentou acréscimo conforme aumento da profundidade. Em geral, isso ocorre nos solos devido à redução da matéria orgânica em profundidade, pressão de camadas, adensamento natural e menor porosidade total (CHAUDHARI et al., 2013).

Os maiores valores de umidade no ponto de murcha permanente foram observadas para o Ambiente Cultivo de Ciclo Curto (AC – Cambissolo) (Tabela 4). Essas maiores umidades possivelmente são atribuídas à predominância de textura argilosa em profundidade nesse ambiente (Tabela 3). A textura do solo, em especial a fração argila, por apresentar dimensão coloidal tem a capacidade de reter maior quantidade de água em potenciais mais negativos, caso do ponto de murcha permanente (KLEIN et al., 2010). Dalmago et al. (2009), associaram as maiores umidades de água retida no ponto de murcha permanente ($0,271 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$) a fração argila na camada 0,75 m em um Argissolo Vermelho distrófico típico, indicando não haver efeito do manejo nessa camada, os autores atribuíram tal fato a variabilidade natural do solo.

A variável diâmetro médio ponderado (DMP) também discriminou o Ambiente de Cultivo de Ciclo Curto (AC – Cambissolo) principalmente nas camadas mais inferiores (Tabela 3). Isso significa que esse ambiente contém agregados de maior tamanho, haja vista

que o índice DMP aumenta conforme a proporção de agregados de maior tamanho (HICKMANN et al., 2011). Vale ressaltar, que o solo do local se encontrava em estado de pousio há alguns anos, tendo sido cultivado pela última vez há aproximadamente 6 anos (em função das sucessivas estiagens ocorridas na região) e na ocasião da coleta encontrava-se coberto por plantas espontâneas.

A classe de solo também explica a maior agregação, o ambiente em questão situa-se sobre classe de Cambissolo, cujo material de origem - o calcário Jandaíra - contém agentes como o carbonato de cálcio, agindo diretamente para uma maior cimentação das partículas. Além disso, a textura do solo afeta a estabilidade e a própria formação de agregados, pois solos com maior teor de argila favorecem a agregação (SILVA et al., 2011). As partículas de argila são consideradas importantes agentes agregantes em função da alta área superficial específica, elevada capacidade de troca catiônica e, consequentemente, alta atividade física e química, bem como maior força de coesão e adesão (BESALATPOUR et al., 2013).

Ao estudar algumas propriedades físicas e hídricas de três perfis de solos na Chapada do Apodi, Mota et al. (2008) também obtiveram maiores índices de diâmetro médio ponderado para classe de Cambissolo, quando comparado com Latossolo e Argissolo. Os autores constataram acréscimo do diâmetro médio ponderado (DMP) no Cambissolo e no Latossolo em profundidade. Essa maior agregação em profundidade foi atribuída a classificação textural franco argilosa de todos os horizontes do Cambissolo.

A componente principal 3 (Figura 4 C e D) destacou a variável diâmetro médio geométrico (DMG) para o ambiente de vegetação nativa na camada superficial. O DMG representa uma estimativa das classes de maior ocorrência (HICKMANN et al., 2011). O fato dessa variável discriminar esse ambiente, deve-se provavelmente, ao menor grau de perturbação aliado ao maior aporte de matéria orgânica na superfície por meio da deposição vegetal, aliado os maiores valores de carbono orgânico total, haja vista que a matéria orgânica funciona como um importante agente agregante das partículas no solo (SIX; PAUSTIAN, 2014; MOHANTY et al., 2012).

As variáveis capacidade de campo e água disponível foram mais sensíveis para discriminar o Ambiente Agroecológico (AA – Argissolo) na camada 0,05-0,15 m (Tabela 4). O maior valor de capacidade de campo ($CC = 0,29 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$) deve-se provavelmente, aos teores de argila presente nessa camada. Em relação à água disponível ($AD = 0,27 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$) esta foi influenciada pelo maior e menor valor de capacidade de campo e ponto de murcha permanente, respectivamente.

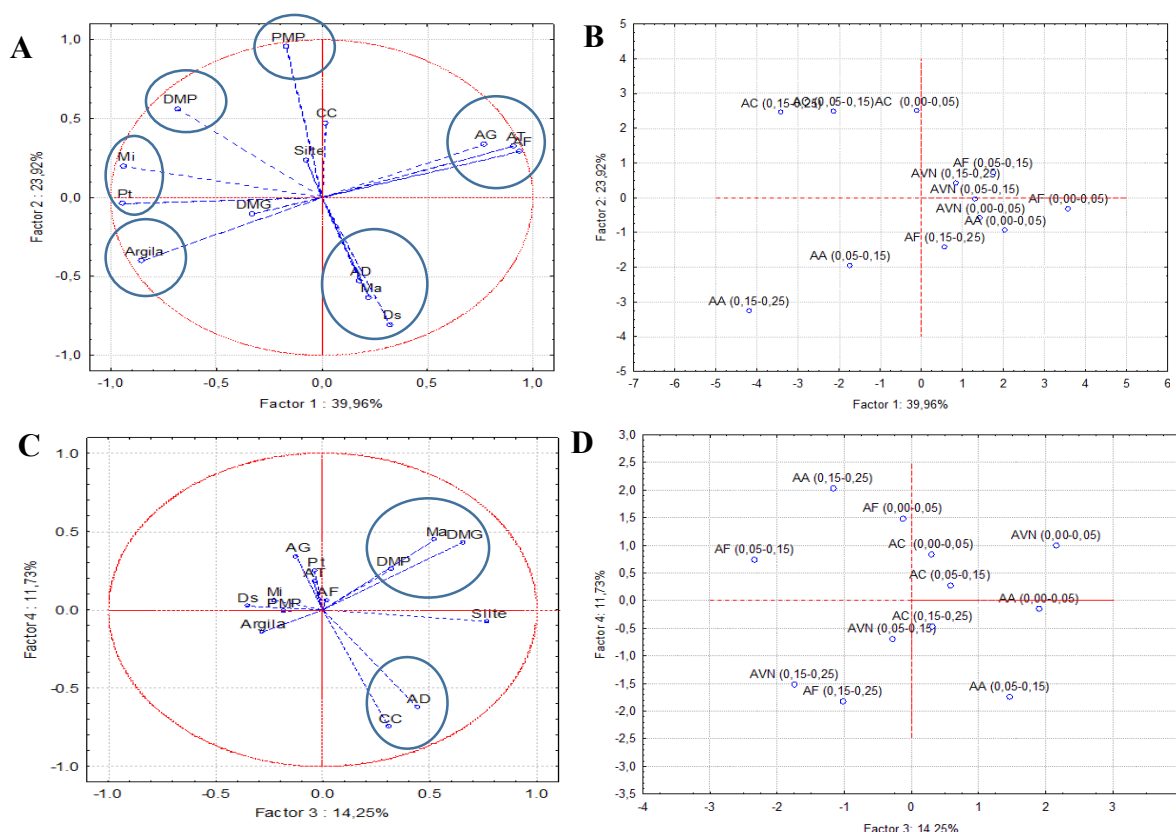


Figura 4. Distribuição da nuvem de variáveis no círculo de correlações (A e C) e distribuição da nuvem de pontos dos ambientes estudados (B e D).

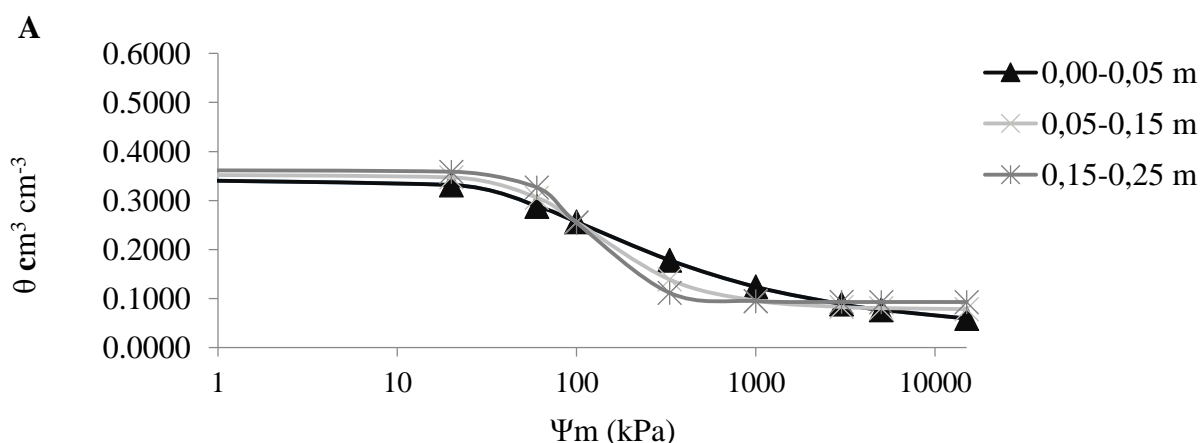
A Figura 5 apresenta as curvas características de água no solo para os quatro ambientes em estudo, enquanto a tabela 6 representa os parâmetros das curvas de retenção de água no solo. Analisando as curvas características de água no solo abaixo, observa-se que a maior retenção ocorreu no Ambiente Agroecológico (AA – Argissolo) na camada 0,15-0,25 m (Figura 5B) o que pode ser evidenciado pela maior umidade de saturação ($\theta_s = 0,45 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$) (Tabela 6). Essa maior retenção deve-se ao fato da classificação textural muito argilosa para essa camada nesse ambiente, pois a fração argila, por ter dimensão coloidal apresenta maior área superficial específica, o que facilita o contato das partículas com a molécula de água, propiciando maior retenção de água no solo (KLEIN et al., 2010).

O Ambiente de Cultivo de Ciclo Curto (AC – Cambissolo) também apresentou altos valores de retenção de água com umidades de saturação muito próximas para as camadas 0,00-0,05 ($\theta_s = 0,42 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$), 0,05-0,15 ($\theta_s = 0,43 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$) e 0,15-0,25 m ($\theta_s = 0,43 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$). A retenção de água nesse ambiente deve-se também aos teores da fração argila, bem como a microporosidade e o diâmetro médio ponderado dos agregados. Ao avaliar a qualidade física de Cambissolos na Chapada do Apodi Alencar et al. (2015) atribuíram as maiores retenções de água (na faixa de 6 a 1500 kPa) nas camadas 0,00-0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m ao predomínio de microporos, pois, os microporos possuem menor diâmetro e

maior energia, assim, maiores quantidades de água são retidas (JEMAI et al., 2013). Estudando algumas propriedades físicas e hídricas de três classes de solos (Latossolo Vermelho Amarelo eutrófico típico, Argissolo Vermelho distrófico arênico e Cambissolo Háplico Ta eutrófico típico) na Chapada do Apodi-RN, Mota et al. (2008) obtiveram maiores retenções de água para a classe de Cambissolo Háplico Ta eutrófico típico ($\theta_s = 0,48 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$) os autores atribuíram a maior retenção aos maiores valores de argila, microporosidade e porosidade total.

O Ambiente de Fruticultura (AF– Latossolo) apresentou maior umidade de saturação na camada 0,15-0,25 m ($\theta_s = 0,35 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$) (Tabela 6). As menores retenções na camada superficial estão associadas a predominância da fração areia, uma vez que este ambiente apresentou classificação textural franco arenosa. A areia caracteriza-se pela baixa capacidade de retenção de água, em função da predominância de macroporos (FIDALSKI et al., 2013; KARBOUT et al., 2015). O ambiente de Vegetação Nativa (VN – Latossolo) apresentou maior umidade de saturação com maior retenção na camada 0,15-0,25 m ($0,36 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$).

A relação entre textura e retenção de água está ligada ao teor de argila e a fatores como empacotamento, forma e orientação das partículas inorgânicas no solo. Isso é indicativo de que o aumento do potencial de retenção de água ocorre por meio da redução do tamanho do poro. O teor de argila, define em boa parte a distribuição do diâmetro dos poros do solo, determinando assim a área de contato entre as partículas sólidas e a água, sendo por isso responsável pela força de retenção. A textura arenosa também exerce influência no comportamento da curva de retenção de água no solo, devido ao maior espaço poroso entre as partículas, propicia uma rápida drenagem da água a menores potenciais, culminando em menor retenção de água no solo (DONAGEMMA et al., 2016).



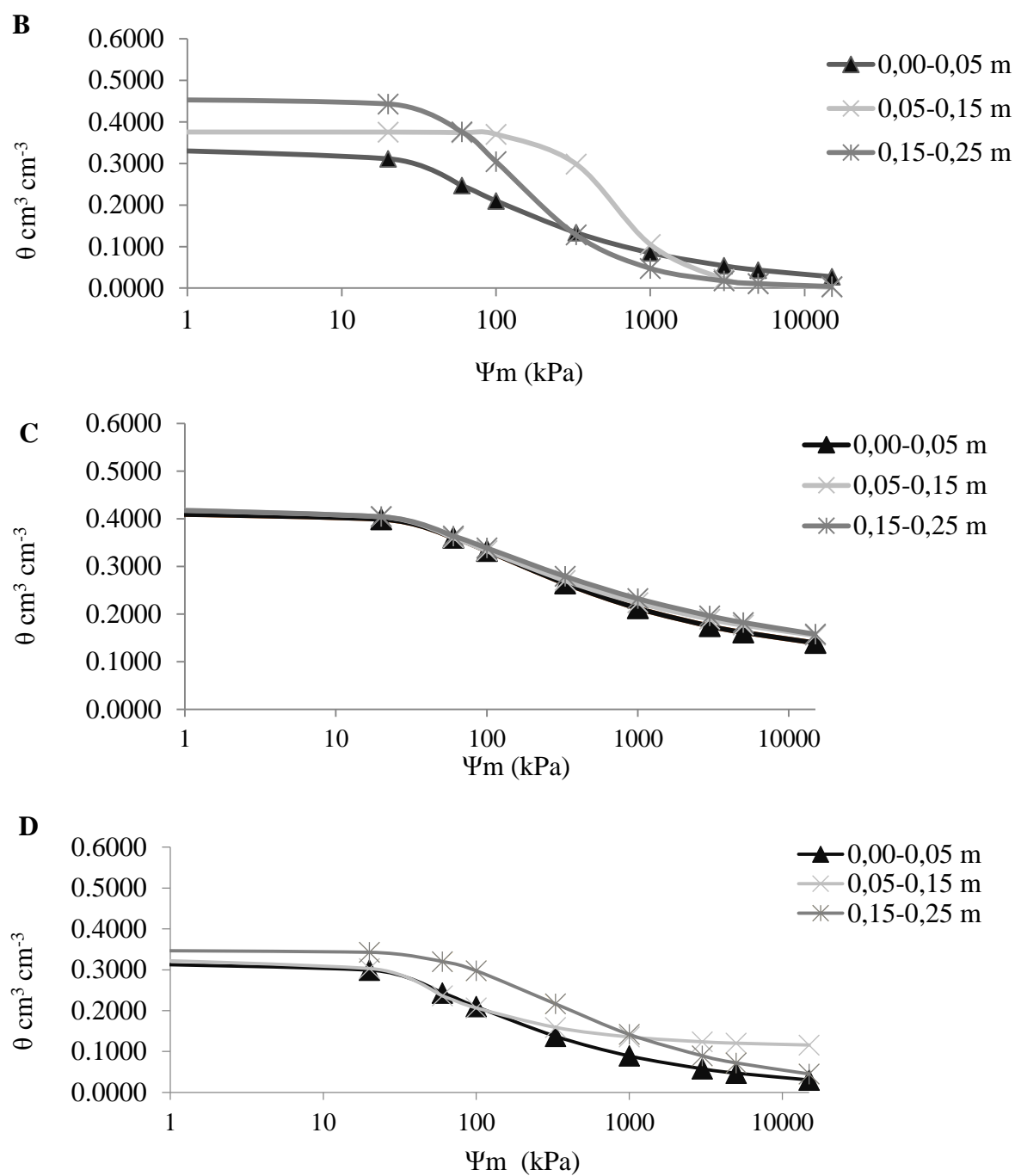


Figura 5. Curvas características de água no solo para os ambientes e solos em estudo A: Ambiente de Vegetação Nativa (VN – Latossolo Amarelo); B: Ambiente Agroecológico (AA – Argissolo Amarelo); C: Ambiente de Cultivo de Ciclo Curto (AC – Cambissolo Háplico); e D: Ambiente de Fruticultura (AF – Latossolo Amarelo).

Tabela 6. Parâmetros das curvas de retenção de água no solo nos ambientes em estudo, Assentamento Moacir Lucena, Apodi-RN

Prof. m	θ_r ---cm³ cm⁻³---	θ_s cm³ cm⁻³	α Adimensionais	n Adimensionais	m Adimensionais	CC -----cm³ cm⁻³-----	PMP cm³ cm⁻³	AD cm³ cm⁻³
Ambiente de Vegetação Nativa (VN - Latossolo Amarelo)								
0,00-0,05	0,00	0,34	0,02	1,43	0,30	0,24	0,06	0,18
0,05-0,15	0,08	0,35	0,01	2,13	0,53	0,25	0,07	0,18
0,15-0,25	0,09	0,36	0,01	3,17	0,68	0,25	0,09	0,16
Ambiente Agroecológico (AA - Argissolo Amarelo)								
0,00-0,05	0,00	0,34	0,03	1,42	0,29	0,21	0,02	0,19
0,05-0,15	0,00	0,37	0,00	2,49	0,60	0,29	0,02	0,27
0,15-0,25	0,00	0,45	0,01	1,92	0,48	0,12	0,01	0,11
Ambiente de Cultivo de Ciclo Curto (AC - Cambissolo Háplico)								
0,00-0,05	0,13	0,42	0,02	1,34	0,25	0,26	0,13	0,13
0,05-0,15	0,15	0,43	0,03	1,30	0,23	0,27	0,15	0,12
0,15-0,25	0,15	0,43	0,03	1,25	0,20	0,27	0,15	0,12
Ambiente de Fruticultura (AF - Latossolo Amarelo)								
0,00-0,05	0,00	0,31	0,03	1,40	0,29	0,20	0,03	0,17
0,05-0,15	0,11	0,33	0,04	1,60	0,38	0,20	0,11	0,09
0,15-0,25	0,00	0,35	0,01	1,43	0,30	0,28	0,04	0,24

θ_r : Umidade residual; θ_s : Umidade de saturação; α , n, m: Parâmetros adimensionais; CC: Capacidade de campo; PMP: Ponto de murcha permanente; AD: Água disponível

Na tabela 7 constam os valores médios dos atributos químico dos solos para os quatro ambientes em três profundidades. Onde percebe-se que a condutividade elétrica foi maior no ambiente de fruticultura, no entanto esse maior valor não apresenta restrição, e o pH manteve-se na faixa próximo da neutralidade para todos os ambientes e profundidades. O carbono orgânico total foi maior em superfície, nos ambientes de vegetação nativa e fruticultura (AF – Latossolo) mostrando tendência de decréscimo em profundidade. Os valores de Fósforo foram considerados baixos para todos os ambientes e profundidades, no entanto o maior valor foi encontrado no ambiente agroecológico (AA – Argissolo). Em relação as bases trocáveis, principalmente cálcio e magnésio, foram mais expressivos no ambiente cultivo de ciclo curto (AC – Cambissolo), o que também explica os maiores valores de soma de bases, capacidade de troca catiônica e saturação por bases. Em relação a saturação por base, os solos foram classificados como eutrófico ($V > 50\%$) em todos os ambientes. A saturação por alumínio (m%) e percentagem de sódio trocável (PST%) dos solos não apresentaram restrições ao desenvolvimento dos vegetais, sendo considerados valores baixos, assim como os valores de alumínio e acidez potencial (RIBEIRO et al., 1999).

Tabela 7. Atributos químicos médios dos solos em estudo, Assentamento Moacir Lucena, Chapada do Apodi-RN

Prof.	CE	pH	COT	P	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	(H+Al)	SB	CTC	V	m	PST
m	dS m	água	g/kg	mg/kg	-----cmol _c kg ⁻¹ -----										%
Ambiente de Vegetação Nativa (VN - Latossolo Amarelo)															
0,00-0,05	0,27	6,80	7,05	0,68	0,34	0,02	7,29	4,3	0,0	0,0	12,0	12,0	100,0	0,0	0,1
0,05-0,15	0,30	6,70	4,51	0,40	0,21	0,02	5,93	5,1	0,0	0,0	11,2	11,2	100,0	0,0	0,1
0,15-0,25	0,34	6,70	3,90	0,43	0,14	0,02	5,14	5,6	0,0	0,0	10,9	10,9	100,0	0,0	0,1
Ambiente Agroecológico (AA - Argissolo Amarelo)															
0,00-0,05	0,41	7,12	5,45	3,83	0,68	0,03	7,21	6,3	0,0	0,0	14,2	14,2	100,0	0,0	0,2
0,05-0,15	0,23	6,90	4,04	2,02	0,47	0,02	6,90	3,8	0,0	0,0	11,2	11,2	100,0	0,0	0,1
0,15-0,25	0,12	6,90	3,74	1,41	0,32	0,01	6,67	2,3	0,0	0,0	9,36	9,36	100,0	0,0	0,1
Ambiente Cultivo de Ciclo Curto (AC – Cambissolo Háplico)															
0,00-0,05	0,24	7,50	4,47	2,11	0,39	0,01	14,2	7,1	0,0	0,0	21,7	21,7	100,0	0,0	0,0
0,05-0,15	0,28	7,62	2,35	1,76	0,30	0,01	9,97	5,8	0,0	0,0	15,8	15,8	100,0	0,0	0,0
0,15-0,25	0,32	7,68	0,33	1,44	0,23	0,01	7,07	5,0	0,0	0,0	12,3	12,3	100,0	0,0	0,0
Ambiente de Fruticultura (AF - Latossolo Amarelo)															
0,00-0,05	0,41	6,70	6,15	2,00	0,22	0,01	7,14	1,70	0,00	0,0	9,1	9,1	100,0	0,0	0,1
0,05-0,15	0,49	6,61	4,86	1,00	0,31	0,01	6,72	1,90	0,00	0,0	8,9	8,9	100,0	0,00	0,1
0,15-0,25	0,53	6,38	3,99	0,40	0,35	0,02	6,55	1,97	0,10	1,3	8,8	1,4	86,9	6,9	0,1

CE: Condutividade elétrica; pH: Potencial hidrogeniônico; COT: Carbono orgânico total; P: Fósforo; K: Potássio; Na: Sódio; Ca²⁺: Cálcio; Mg²⁺: Magnésio; Al³⁺: Alumínio; (H+Al): Acidez potencial; SB: Soma de bases; CTC: Capacidade de troca catiônica; V: Saturação de bases; m: Saturação de alumínio; PST: Percentagem de sódio trocável

O estudo da matriz de correlação demonstrou a existência de correlações significativas ($p < 0,05$) entre os atributos químicos dos solos nos ambientes em estudo para a camada 0,00-0,25 m (Tabela 8). De maneira geral, observa-se correlação positivas e negativas para as variáveis pH, P, Ca^{2+} , Mg^{2+} , Al^{3+} , (H+Al), SB e V. A variável pH se correlacionou positivamente com a soma de bases (SB) e a capacidade de troca catiônica (CTC) e negativamente com a percentagem de sódio trocável (PST) enquanto que o fósforo (P) se correlacionou positivamente com a variável potássio (K). As variáveis cálcio e magnésio apresentaram altas correlações positivas com a soma de bases (SB) e a capacidade de troca catiônica (CTC) assim como o Al^{3+} com a acidez potencial e a soma de bases (SB) com a CTC. A acidez potencial (H+Al) se correlacionou negativamente com a saturação por bases, assim como a saturação por bases com a saturação por alumínio. As variáveis carbono orgânico total (COT) capacidade de troca catiônica (CTC) condutividade elétrica (CE) e potássio (K) não apresentaram correlação, sendo variáveis independentes.

Tabela 8. Matriz de correlação entre as variáveis dos atributos químicos dos solos nos ambientes em estudo para a camada 0,00-0,25 m, Assentamento Moacir Lucena, Apodi-RN

	CE	pH	COT	P	K	Na	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Al^{3+}	(H+Al)	SB	CTC	V	m	PST
CE	1,00														
pH	-0,44	1,00													
COT	0,17	-0,55	1,00												
P	-0,08	0,48	0,10	1,00											
K	0,04	0,16	0,30	0,77	1,00										
Na	0,39	-0,39	0,20	0,16	0,49	1,00									
Ca^{2+}	-0,27	0,63	-0,01	0,37	0,24	-0,40	1,00								
Mg^{2+}	-0,34	0,67	-0,23	0,34	0,24	0,20	0,49	1,00							
Al^{3+}	0,56	-0,44	-0,03	-0,34	0,03	0,26	-0,13	-0,38	1,0						
(H+Al)	0,56	-0,44	-0,03	-0,34	0,03	0,26	-0,13	-0,38	1,0	1,0					
SB	-0,34	0,74	-0,11	0,43	0,31	-0,13	0,89	0,83	-0,3	-0,3	1,00				
CTC	-0,29	0,71	-0,12	0,41	0,33	-0,11	0,90	0,81	-0,2	-0,2	0,99	1,00			
V	-0,56	0,44	0,03	0,34	-0,03	-0,26	0,13	0,38	-1,0	-1,0	0,28	0,18	1,0		
m	0,56	-0,44	-0,03	-0,34	0,03	0,26	-0,13	-0,38	1,0	1,0	-0,28	-0,18	-1,0	1,0	
PST	0,51	-0,75	0,22	-0,18	0,16	0,85	-0,72	-0,29	0,4	0,4	-0,60	-0,57	-0,4	0,4	1,00

CE: Condutividade elétrica; pH: Potencial hidrogeniônico; COT: Carbono orgânico total; P: Fósforo; K: Potássio; Na: Sódio; Ca^{2+} : Cálcio; Mg^{2+} : Magnésio; Al^{3+} : Alumínio; (H+Al): Acidez potencial; SB: Soma de bases; CTC: Capacidade de troca catiônica; V: Saturação de bases; m: Saturação de alumínio; PST: Percentagem de sódio trocável.

Por meio da análise da figura 6A pode-se observar que a componente principal 1 explica os resultados, em virtude da maior variância total (43,77%) onde as variáveis Al^{3+} (H+Al) e m discriminaram o ambiente de fruticultura (AF) na camada 0,15-0,25 m. O Ambiente de Fruticultura (AF – Latossolo) encontra-se sob a classe de Latossolo, o que pode justificar essa forte correlação entre o alumínio (Al^{3+}) acidez potencial (H+Al) e saturação por alumínio (m). O Latossolo do presente estudo não apresentou caráter distrófico, porém pequenos valores de acidez potencial e alumínio na última camada do Ambiente de Fruticultura foram suficientes para discriminar essas variáveis. Segundo Santos et al. (2018) os Latossolos podem apresentar geralmente de média a alta saturação por bases, principalmente em zonas semiáridas com estação seca pronunciada, caso da região da Chapada do Apodi.

O Ambiente Cultivo de Ciclo Curto (AC – Cambissolo) discriminou as variáveis Ca^{2+} , Mg^{2+} , SB, CTC e pH, principalmente para a camada 0,00-0,05 m. Essa correlação é explicada em função da predominância da classe dos Cambissolos, haja vista que não houve nenhuma adubação na área. O material de origem do Cambissolo (rocha calcário Jandaíra) de reação alcalina, provê maiores quantidades de cálcio e magnésio, em função da presença de carbonatos contribuindo para a elevação de pH, soma de bases e capacidade de troca catiônica, proporcionando uma fertilidade natural (ARTHUR et al., 2014; MARINHO et al., 2016; BRITO et al., 2017). Ao estudarem o efeito de sistemas de cultivo em manejo da Caatinga por meio de indicadores químicos do solo na Chapada do Apodi-RN, Lira et al. (2012), observou maiores valores de cálcio (Ca), magnésio (Mg) e saturação por bases (V%) em ambiente de Caatinga manejado por 5 anos, os autores também associaram esses maiores valores de bases no solo à influência do material de origem dos Cambissolos da região, o calcário Jandaíra.

Para a componente principal 4 (Figura 6 C e D) percebe-se que o carbono orgânico total (COT) discriminou melhor os ambientes Vegetação Nativa, na camada superficial de 0,00-0,05 m e fruticultura nas camadas 0,00-0,05 e 0,05-0,15 m. O ambiente de Vegetação Nativa apresenta um maior aporte de matéria orgânica, o que se explica pela deposição de resíduos vegetais na superfície do solo, contribuindo para maiores valores de carbono orgânico total. A quantidade de carbono orgânico está relacionada com os aportes de resíduos orgânicos e formação de biomassa vegetal na superfície do solo (SOUZA NETO et al., 2017). Em relação ao ambiente de fruticultura o aporte de resíduos oriundo da cultura do cajueiro, como folhas e galhos em diferentes estágios de decomposição sobre o solo ao longo do tempo também contribui para maiores teores de carbono orgânico total nesse ambiente.

Avaliando atributos químicos de um Cambissolo em ambiente de agricultura tradicional na Chapada do Apodi-RN, Souza Neto et al. (2017) também encontrou maiores valores de matéria orgânica na camada superficial da vegetação nativa (0,00-0,10 m) segundo os autores, o aporte dos resíduos sob a superfície do solo nas formas mais recalcitrantes contribuiu para maiores valores de matéria orgânica nesse ambiente. Ao avaliarem matéria orgânica e atributos físicos e químicos de Cambissolos sob diferentes usos agrícolas na Chapada do Apodi-RN, Marinho et al. (2016) também reportaram maiores teores de carbono orgânico total (COT) nas camadas de 0,00-0,05 e 0,05-0,10 m do ambiente de Vegetação Nativa.

As variáveis sódio (Na^+) e percentagem de sódio trocável (PST) discriminaram o ambiente agroecológico na camada superficial (0,00-0,05 m) (Figura 6 C e D). Apesar dessa discriminação, os valores de sódio e PST não foram considerados restritivos (RIBEIRO et al., 1999). O sódio presente na camada superficial pode estar associado a ascensão capilar dos sais na região semiárida, pois a baixa precipitação pluviométrica e a alta taxa de evaporação evidenciada nessa região também contribuem para a ocorrência do processo de acúmulo de sais na superfície, uma vez que os mesmos não são lixiviados no perfil do solo, acumulando-se no solo, o que quando em excesso dificulta o desenvolvimento das plantas cultivadas e dos atributos do solo (VASCONCELOS et al., 2013).

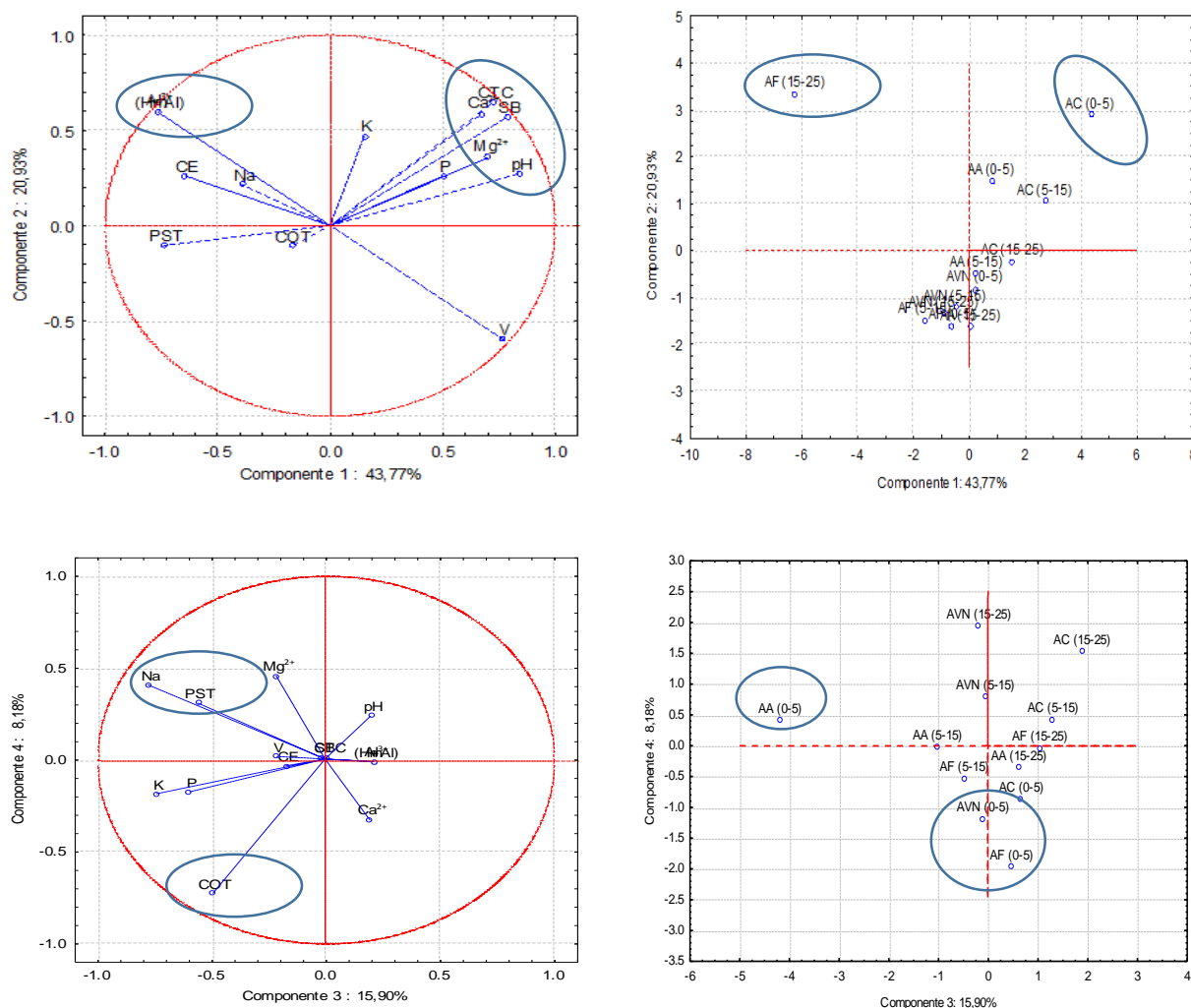


Figura 6. Distribuição da nuvem de variáveis no círculo de correlações (A e C) e distribuição da nuvem de pontos dos ambientes estudados (B e D).

Na tabela 9 constam os índices de qualidade do solo para os ambientes e suas respectivas classes de solo. Os valores desenvolvidos por meio do estabelecimento das funções do solo e dos indicadores a elas associados indicam que ocorreu diferenciação na qualidade do solo dos ambientes. Os maiores índices de qualidade do solo foram observados nos Ambiente de Cultivo de Ciclo Curto (AC – Cambissolo Háplico) (IQS = 0,56), seguido do Ambiente Agroecológico (AA – Argissolo Amarelo) (IQS = 0,51), entretanto, esses índices foram classificados dentro da condição regular, conforme Souza (2005).

Segundo a metodologia proposta, o Ambiente Cultivo de Ciclo Curto (AC – Cambissolo) proporcionou as melhores condições de receber e armazenar água, promover o crescimento das raízes, armazenar e ciclar nutrientes e promover a conservação do solo. Esse ambiente encontra-se sob a classe de Cambissolos com melhores condições estruturais do solo como diâmetro médio ponderado e geométrico e menor densidade do solo (Tabela 3), com uma maior fertilidade natural proporcionada pela soma de bases, capacidade de troca

catiônica e saturação por bases (Tabela 7), o que contribuiu para elevar os índices de qualidade do solo. O Ambiente Agroecológico (AA – Argissolo), recebe práticas de conservação como a manutenção e incorporação dos resíduos culturais (milho e feijão) no solo, os resíduos são distribuídos em faixa ao longo do ambiente objetivando a cobertura e proteção física do solo contra a erosão. Todas essas práticas contribuem para a manutenção da qualidade elevar os índices do solo, o que neste estudo foi refletido em melhores condições estruturais.

Tabela 9. Funções principais do solo e Índice de Qualidade do Solo (IQS) para a profundidade de 0,00-0,25 m, Assentamento Moacir Lucena, Apodi-RN

Ambientes	Funções principais do solo				IQS	Classificação*
	Receber e armazenar água	Promover o crescimento das raízes	Armazenar e ciclar nutrientes	Promover a conservação do solo		
Latossolo Amarelo						
Vegetação Nativa	0,1233	0,1053	0,0992	0,1183	0,47	R
Argissolo Amarelo						
Agroecológico	0,1258	0,1329	0,1136	0,1287	0,51	M
Cambissolo Háplico						
Cultivo de Ciclo Curto	0,1453	0,1373	0,1765	0,1356	0,56	M
Latossolo Amarelo						
Fruticultura	0,1053	0,0930	0,0526	0,1067	0,39	R

*Classificação segundo Souza (2005) onde: B = Bom (Índice de qualidade maior ou igual a 0,71), M = Médio (Índice de qualidade entre 0,71-0,50) e R = Ruim (<0,50).

A agregação do solo tem sido usada como um bom indicador da condição estrutural do solo, haja vista a estrutura ser sensível às práticas de manejo adotadas no solo, como o revolvimento e preparo excessivo do solo. Ambientes que venham a adotar estratégias de manejo do solo de forma a manter a estabilidade dos agregados, conservação do solo, restauração e sustentabilidade dos agroecossistemas e atenuação das consequências do processo erosivo são tidos como estratégias fundamentais. Dessa forma, a manutenção de um adequado estado de agregação das partículas é uma das condições primordiais para manter a qualidade do solo e a produtividade agrícola nos agroecossistemas (HICKMANN et al., 2011; DUCHICELA et al., 2013; STEFANOSKI et al., 2013; CARIZZO et al., 2015).

Nesse contexto, a fertilidade também é utilizada como importante indicador de qualidade do solo, principalmente capacidade de troca catiônica, soma de bases, pH e disponibilidade de nutrientes, por isso deve-se adotar sistemas de uso e manejo do solo de forma a manter ou elevar a fertilidade dos solos, visando ainda aumentar a eficiência dos sistemas de produção. O declínio da fertilidade do solo implica diretamente no declínio da qualidade dos solos, o que também acarreta redução dos serviços ecossistêmicos como o

provimento de fibras, alimentos, moderação climática, ciclagem de nutrientes, purificação e infiltração das águas. Dessa forma, a qualidade do solo representa um equilíbrio da multifuncionalidade do sistema solo nos agroecossistemas (LAL, 2015; BUNEMMAN et al., 2018).

O Ambiente de Vegetação Nativa (VN – Latossolo Amarelo) (IQS = 0,47), foi enquadrado dentro da condição “ruim” conforme Souza (2005), pois apresentou baixos valores em relação a receber e armazenar água, promover o crescimento das raízes, armazenar e ciclar nutrientes e promover a conservação do solo. O ambiente está situado sob a classe de Latossolo, onde observou-se os maiores valores de densidade do solo e menor fertilidade natural (Tabela 3 e 7, respectivamente), o que evidencia os baixos índices de qualidade do solo nesses ambientes. No entanto, os maiores valores de Carbono orgânico total foi encontrado nesse ambiente (Tabela 7). Deve-se atentar para o fato que mesmo com esses maiores valores de carbono orgânico total, não foi suficiente para elevar os índices de qualidade do solo. Além disso, as condições de semiaridez não favorecem o acúmulo de matéria orgânica no solo constantemente, parte disso decorre do fato de a vegetação típica nesse ambiente ser formada predominantemente por espécies de pequeno porte, com pouca massa foliar, que não oferecem material suficiente para incrementar matéria orgânica no solo ao longo do ano (MOTA et al., 2017).

Resultados semelhantes ao do presente estudo para o Ambiente de Vegetação Nativa foram relatados por Melo Filho et al. (2007), ao determinarem índices de qualidade em Latossolo Amarelo coeso dos Tabuleiros Costeiros (Cruz das Almas - BA), sob Vegetação Nativa. Os autores encontraram valor de IQS = 0,46 para a condição de Vegetação Nativa, sendo que dentre as três funções principais do solo utilizadas (condução e armazenamento de água, promover o crescimento das raízes e suprimento de nutrientes) a mais limitante foi o suprimento de nutrientes. Os autores ressaltam nesta função, que o principal problema está relacionado à participação dos indicadores na composição do índice de qualidade, a restrição da fertilidade do solo está ligada aos baixos valores de matéria orgânica, pH, soma de bases e saturação por bases, pois trata-se de Latossolo com baixos valores de bases trocáveis e elevada acidez potencial, devido ao material de origem e à alta pluviosidade. Além disso ocorreram restrições da qualidade física do solo, com valores de resistência à penetração das raízes no solo acima do limite crítico estabelecido (2 MPa).

No Ambiente de Fruticultura (AF – Latossolo Amarelo), foi diagnosticado a presença de sódio, que mesmo não apresentado valores com restrições é contabilizado na soma de bases, a qual foi considerada como um atributo químico importante para a construção dos índices de qualidade do solo. A densidade do solo no ambiente de Fruticultura também foi

elevada em relação aos demais ambientes. Dessa forma, esse ambiente recebeu o menor índice de qualidade do solo ($IQS = 0,39$), devido a essas restrições físicas e de fertilidade do solo, e isso refletiu nos menores valores em relação às funções principais de receber e armazenar água, promover o crescimento das raízes, armazenar e ciclar nutrientes e promover a conservação do solo.

Utilizando essa mesma metodologia Freitas et al. (2012), avaliando índices de qualidade do solo sob diferentes sistemas de manejo e uso do solo concluíram que os maiores índices de qualidade do solo foram observados nos sistemas agrossilvipastoris quando comparado aos sistemas de referência (Cerrado Nativo). Os Latossolos Vermelho - Amarelos (LVA_1 e LVA_2), apresentaram qualidade do solo superior aos Latossolos Vermelhos (LV_1 e LV_2), sendo este resultado devido às menores limitações dos atributos químicos e físicos nas funções principais dos solos, influenciadas pelos sistemas de manejo dos solos. Alvarenga et al. (2012), utilizando mesma metodologia ressalta que ela se mostrou sensível ao uso e manejo do solo, pois o IQS gerado mostrou-se uma importante ferramenta para avaliação do potencial do solo para recarga de água subterrânea, uma vez que ele reflete a influência dos usos da terra no comportamento do deflúvio base e, consequentemente, na dinâmica da produção de água pelas sub-bacias.

Ao avaliar indicadores da qualidade do solo em relação à erosão hídrica, Cândido et al. (2015), ressaltam que os índices de qualidade do solo demonstraram alto coeficiente de correlação inversa com as perdas de solo e água. Em locais com as maiores taxas de erosão hídrica manifestaram também os menores valores dos índices de qualidade do solo, desse modo, verifica-se a eficácia da metodologia em avaliar efeitos dos manejos adotados sobre a qualidade do solo. Stefanoski et al. (2016), utilizando essa mesma metodologia mencionam que a seleção de um número mínimo de indicadores representativos pode ser mais eficaz na determinação dos índices de qualidade do solo do que um número complexo de indicadores.

4 CONCLUSÕES

- 1- O presente estudo demonstrou que a técnica de estatística multivariada é eficiente na distinção dos agroecossistemas, permitindo a separação e correlação dos atributos do solo e mostrando a contribuição de cada variável na discriminação dos ambientes.
- 2- O índice de qualidade do solo (IQS) mostrou-se capaz de diferenciar as classes e manejo de solos, sendo que os maiores valores foram verificados nos Ambientes de Cultivo de Ciclo Curto (AC – Cambissolo) e Agroecológico (AA – Argissolo Amarelo), no que se refere as funções receber e armazenar água, promover o crescimento das raízes, armazenar e ciclar nutrientes e promover a conservação do solo.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALENCAR, T.H. et al. Atributos físicos de um Cambissolo cultivado e tratado com biofertilizante na Chapada do Apodi, Ceará. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.39, n.3, p.737-749, 2015.
- ALVARENGA, C.C et al. Índice de qualidade do solo associado à recarga de água subterrânea (IQS_{RA}) na bacia hidrográfica do Alto Rio Grande, MG. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n.3, p.1608-1619, 2012.
- ALVARES, C.A. et al. Koppen's climatic classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, n.6, p.711-728, 2013.
- ARAÚJO, M.A. et al. Propriedades físicas de um Latossolo Vermelho distrófico cultivado e sob mata nativa. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, n.4, p.337-345, 2004.
- ARCOVERDE, S.N.S. et al. Qualidade física de solos em uso agrícola na região semiárida do estado da Bahia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.39, n.2, p.1473-1482, 2015.
- ARTHUR, A.G. et al. Variabilidade espacial dos atributos químicos do solo, associada ao micro relevo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.2, p.141-149, 2014.
- BESALATPOUR, A.A. et al. Estimating wet soil aggregate stability from easily available properties in a highly mountainous Watershed. **Catena**, v.111, p.72-79, 2013.
- BUNEMANN, E.K. et al. Soil quality - a critical review. **Soil Biology and Biochemistry**, v.120, n.2, p.105-125, 2018
- BLAKE, G.R.; HARTGE, K.H. Bulk density. In: KLUTE, A. (ed). Methods of soil analysis. 2 ed. **American Society of Agronomy**, p.363-375, 1986.
- BRITO, A.S. Estimativa da capacidade de campo pela curva de retenção e pela densidade de fluxo de água. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, n.3, p.1939-1948, 2011.
- BRITO, R.F. et al. Morfologia e fertilidade do solo em áreas de produção do semiárido. **Revista de Ciências Agrárias**, v.40, n.3, p.525-532, 2017.
- CAO Z.Y et al. Soil organic carbon contents, aggregate stability, and humic acid composition in different alpine grasslands in Qinghai-Tibet Plateau. **Journal of Mountain Science**, v.13, n.11, p.2015-2027, 2016.
- CÂNDIDO, B.M. Métodos de indexação de indicadores na avaliação da qualidade do solo em relação a erosão hídrica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.39, n.2, p.589-597, 2015.
- CARDOSO, E.L. **Qualidade do solo em sistemas de pastagens cultivada e nativa na sub-região da Nhecolândia, Pantanal Sul Mato-Grossense**. 2008. 154 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.

CARIZZO, M.E. et al. Aggregation agents and structural stability in soil with different texture and organic carbon contents. **Scientia Agrícola**, v.72, n.1, p.75-82, 2014.

CASTRO FILHO, C. et al. Estabilidade dos agregados e sua relação com o teor de carbono orgânico num Latossolo Roxo distrófico, em função de sistemas de plantio, rotações de culturas e métodos de preparo das amostras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.22, n.3, p.527-538, 1998.

CAVALCANTE, J.S.J. et al. Attributes of Neosols associated with agricultural uses in the semi-arid region of Rio Grande do Norte, Brazil. **Journal of Soil Science and Environmental Management**, v.7, n.11, p.184-190, 2016.

CHAUDHARI, P.R. et al. Soil bulk density as related to soil texture, organic matter content and available total nutrients of Coimbatore soil. **International Journal of Scientific and Research Publications**, v.3, n.2, p.1-8, 2013.

CORRÊA, R.M. et al. Atributos físicos de solos sob diferentes usos com irrigação no semiárido de Pernambuco. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.4, p.358-365, 2010.

DALMAGO, G.A. et al. Retenção e disponibilidade de água às plantas, em solo sob plantio direto e preparo convencional. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, n.2, p. 855-864, 2009.

DIAS, L.E; GRIFITH, J.J. **Conceituação e caracterização de áreas degradadas. In: Recuperação de áreas degradadas.** In: DIAS, L.E.; MELLO, J.W.V. (eds). Viçosa – UFV, Departamento de solos, 1998. p.1-8.

DONAGEMMA, G.K. et al. Characterization, agricultural potential, and perspectives for the management of light soils in Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.51, n.9, p.1003-1020, 2016.

DUCHICELA, J. et al. Soil aggregate stability increase in strongly related to fungal community succession along an abandoned agricultural field chronosequence in the Bolivian Altiplano. **Journal of Applied Ecology**, v.50, n.3, p.1266-1273, 2013.

FIDALSKI, J. et al. Influência das frações de areia na retenção e disponibilidade de água em solos das formações Caiuá e Paranavaí. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.37, n.2, p.613-621, 2013.

FREITAS, L. et al. Análises multivariadas de atributos químicos do solo para caracterização de ambientes. **Revista Agro@mbiente on-line**, v.8, n.2, p. 155-164, 2014.

FREITAS, D.A.F. Índices de qualidade do solo sob diferentes sistemas de uso e manejo florestal e cerrado nativo adjacente. **Revista Ciência Agronômica**, v.43, n.3, p.417-428, 2012.

FREITAS, D.A.F. **Qualidade do solo em sistemas de manejo em Latossolos sob cerrado.** 2010. 104 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.

HICKMANN, C. et al. Morfologia e estabilidade de agregados superficiais de um Argissolo Vermelho- Amarelo sob diferentes manejos de longa duração e Mata Atlântica secundária. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, n.4, p.2191-2198, 2011.

JAKELAITIS, A. et al. Qualidade da camada superficial de solo sob mata, pastagens e áreas cultivadas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.38, n.2 p.118-127, 2008.

JEMAI, E. et al. Impact of three and seven years of no-tillage on the soil water storage, in the plant under dry sub-humid Tunisia. **Soil Research and Direct Planting**, v.126, p.26-33, 2013.

KARBOUT, N. et al. Effect of clay amendment on water retention in sandy soil of arid Southeastern Tunisia areas. **International Research Journal of Earth Sciences**, v.3, n.6, p.1-4, 2015.

KARLEN, D.L. STOOT, D.E. A framework for evaluating physical and chemical indicators of soil quality. In: Doran, J.W. Coleman, D.C, Bezdicek, D.F, Stewart, B.A editors. **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison, W.I. Soil Science Society of America. 1994. P. 53-72 (SSA Special Publications, 35).

KEMPER, W.D.; CHEPIL, W.S. Size distribution of aggregates: methods of soil analysis. **American Society of Agronomy**, p.449-510, 1965.

KLEIN, V. A. et al. Textura do solo e estimativa do teor de água no ponto de murcha permanente com psicrômetro. **Ciência Rural**, v. 40, n.7, p. 1550-1556, 2010.

LAL, R. Restoring soil quality to mitigate soil degradation. **Sustainability**, v.7, p.5875-5895, 2015.

LEMOS, M.S.S. et al. Evaluation of characteristics of Cambisols derived from limestone in low tablelands in Northeastern Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.32, n.8, p.825-834, 1997.

LIBARDI, P.L. **Dinâmica da água no solo**. São Paulo: 2. ed. EDUSP, 2012. 352p.

LIRA, R.B. et al. Efeitos dos sistemas de cultivo e manejo da Caatinga através da análise dos indicadores químicos de qualidade do solo na produção agrícola em Apodi–RN. **Revista Caatinga**, v.25, n.3, p.18-24, 2012.

LOPES, E.S. et al. Compactação de um solo submetido ao tráfego do *Harvester* e do *Forwarder* na colheita de madeira. **Revista Floresta e Ambiente**, v.22, n.2, p.223-230, 2015.

MARCOLIN, C.D.; KLEIN, V.A. Determinação da densidade relativa do solo por uma função de pedotransferência para a densidade do solo máxima. **Acta Scientiarum**, v.33, n.2, p.349-354, 2011.

MARINHO, A.C.C.S. et al. Organic matter and physicochemical attributes of a Cambisol under different agricultural uses in a semi-arid region of Brazil. **Australian Journal of Crop Science**, v.10, n.1, p.32-41, 2016.

MELO FILHO, J.F. et al. Determinação do índice de qualidade subsuperficial em um Latossolo Amarelo coeso dos Tabuleiros Costeiros, sob floresta natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n.3, p. 1599-1608, 2007.

MIOTTI, A.A. et al. Profundidade e atributos físicos do solo e seus impactos nas raízes de bananeiras. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.35, n.2, p.536-545, 2013.

MOHANTY, M. et al. Stability of soil aggregates under different vegetation covers in a Vertisol of Central India. **Journal of Agricultural Physics**, v.12, n.2, p.133-142, 2012.

MOTA, J.C.A. et al. Algumas propriedades físicas e hídricas de três solos na Chapada do Apodi-RN, cultivados com melão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, n.2, p.49-58, 2008.

MOTA, J.C.A. et al. Impactos de uso e manejo do solo na variabilidade e qualidade de atributos físicos de Cambissolos. **Revista Agro@mbiente on-line**, v.11, n.4, p.277-289, 2017.

PINTO, M.S.D. et al. O conflito socioambiental da Chapada do Apodi: uma análise sobre as violações de direitos do Projeto da Morte. **InSURgência**, v.1, n.2, p.237-276, 2016.

RIBEIRO, A.C. et al. **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. 359p. 1999.

SALES, R.P. et al. Qualidade física de um Latossolo sob plantio direto e preparo convencional no semiárido. **Revista Ciência Agronômica**, v.47, n.3, p.429-438, 2016.

SALVIANO, A.M. Soil chemical quality in agricultural land uses in the semiarid of Bahia. **Revista Agrarian**, v.11, n.42, p.328-336, 2018.

SANTOS, H.G. et al. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. Brasília-DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2018. v.1, 590p.

SILVA, A.C. et al. Soil water retention in the semiarid region of Brazil. **Journal of Agricultural Science**, v.10, n.9, p.105-115, 2018.

SILVA, A.S. et al. Argila e matéria orgânica e seus efeitos na agregação em diferentes usos do solo. **Ciência Rural**, v.44, n.10, p.1783-1789, 2011.

SIX, J.; PAUSTIAN, K. Soil organic matter associated to the aggregate as ecosystem property and measuring instrument. **Soil Biology & Biochemistry**, v.68, p.1-9, 2014.

SOUZA, A.L.V. **Avaliação da qualidade de um Latossolo Amarelo Coeso argissólico dos Tabuleiros Costeiros, sob floresta natural**. 2005. 95f. Dissertação (Mestrado em Uso, Manejo e Conservação dos Recursos Naturais Solo e Água) – Escola de Agronomia, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2005.

SOUSA, R.P.B. et al. Impact of anthropic action on physical attributes of the soil in different physiology of Cerrado. **Multi-Science Journal**, v.1, n.9, p.28-32, 2018.

SOUZA NETO, O.N. et al. Chemical attributes of traditional agriculture and Caatinga managed at different depths in Inceptisol. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.21, n.1, p.50-55, 2017.

SOUZA, G.M.R. et al. Práticas agrícolas sustentáveis no Assentamento de Reforma Agrária Moacir Lucena em Apodi -RN. **Cadernos de Agroecologia**, v.6, n.2, p.1-5, 2011.

STATISTICA (Data Analysis Software System) versão 7.0 StatSoft (www.statsoft.com), 2004.

STEFANOSKI, D.C. et al. Uso e manejo do solo e seus impactos sobre a qualidade física. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.7, n.12, p.1301-1309, 2013.

STEFANOSKI, D.C. et al. Selecting soil quality indicators for different soil management systems in the Brazilian Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.51, n.9, p.1643-1651, 2016.

TANVEERA, A. et al. Relation of soil bulk density with texture, total organic matter content and porosity in the soil of Kandy area of Kashmir Valley, India. **International Research Journal of Earth Sciences**, v.4, n.1, p.1-6, 2016.

TEIXEIRA, P.C. et al. **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2017. 573p.

TUCHTENHAGEN, I.K. et al. Visual evaluation of the soil structure under different management systems in lowlands in Southern Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.42, n.3, p.1-13, 2018.

VAN GENUCHTEN, M. T.; SIMUNEK, J.; LEIJ, F. J.; SEJNA, M. RETC version 6.02. 2009. Disponível em: <[http:// www.pc-progress.com/en/default.aspx? retc_downloads](http://www.pc-progress.com/en/default.aspx?retc_downloads)>. Acesso em 14 de junho de 2018.

VAN GENUCHTEN, M.T. A closed-form equation for predicting the conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society of American Journal**, v.44, p.892-898, 1980.

VASCONCELOS, R.A. et al. Características físicas de solos salino-sódicos do semiárido pernambucano em função de diferentes níveis de gesso. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 12, p. 1318-1325, 2013.

WATANABE, R. et al. Soil compressibility under irrigated perennial and annual crops in a semi-arid environment. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.41, n.2, p.1-17, 2017.

WYMORE, A.W. **Model based systems engineers: an introduction to the mathematical theory of discrete systems and to the tricotyledon theory of systems design**. Boca Raton CRC, 1993. 710p.

CAPÍTULO II

INFLUÊNCIA DOS MACROARTRÓPODES EM AGROECOSSISTEMAS SOB CLASSES DE SOLOS NA CHAPADA DO APODI-RN

RESUMO

GONDIM, JOAQUIM EMANUEL FERNANDES. **Influência dos macroartrópodes em agroecossistemas sob classes de solos na chapada do Apodi-RN.** Areia-PB, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba. Novembro de 2018. Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo. Orientador: Djail Santos, PhD.

O solo é o habitat natural que aporta uma ampla diversidade de organismos, dentre eles os macroartrópodes, que desempenham diversos serviços e funções ao ecossistema. Portanto, caracterizar a comunidade destes grupos de invertebrados é de fundamental importância, principalmente em agroecossistemas inseridos na Chapada do Apodi-RN, onde existem poucas informações sobre este componente biológico do solo. Face ao exposto, o estudo teve por objetivo a caracterização da comunidade de macroartrópodes do solo conforme período seco e chuvoso em agroecossistemas na Chapada do Apodi-RN. Foram instaladas armadilhas do tipo provid em quatro ambientes (Vegetação Nativa, Agroecológico, Cultivo de Ciclo Curto e Fruticultura) durante dois períodos de coleta (seco e chuvoso). Os macroartrópodes foram identificados ao nível de ordem, sendo avaliados abundância, frequência relativa, biomassa, riqueza de grupos, índices de diversidade de Shannon (H) e dominância de Simpson (C). Foram observados 20 grupos taxonômicos entre os períodos de amostragem, sendo as maiores frequências para o período chuvoso nos quatro ambientes. As ordens Hymenoptera, Araneae e Coleoptera apresentaram maiores frequências no período seco, respectivamente para os Ambientes Fruticultura, Agroecológico e Cultivo de Ciclo Curto, a maior biomassa foi encontrada no período chuvoso para a ordem Orthoptera no Cultivo de Ciclo Curto. Os maiores índices ecológicos de Shannon e Simpson foram obtidos nos Ambientes de Fruticultura/chuvoso e Vegetação Nativa/seco. Os atributos físicos ligados a estrutura do solo (DMP e Pt) bem como os atributos químicos pH, Ca, Mg e CTC influenciaram a ocorrência do grupo funcional transformadores de serrapilheira (Coleoptera) no Ambiente Cultivo de Ciclo Curto (AC - Cambissolo Háplico). O grupo funcional predador (Araneae) foi influenciado pelo carbono orgânico total e densidade do solo no Ambiente de Fruticultura (AF - Latossolo Amarelo).

Palavras-Chave: Engenheiros do ecossistema, Caatinga, Sazonalidade.

ABSTRACT

GONDIM, JOAQUIM EMANUEL FERNANDES. **Influence of macroarthropods in agroecosystems of different soil classes in the Apodi Plateau RN.** Areia-PB, Agrarian Science Center, Federal University of Paraiba, November 2018. Dissertation. Graduate Program in Soil Science. Advisor: Prof, Djail Santos, PhD.

Soil is the natural habitat that is home to a wide and diversified number of organisms, among them are found the macroarthropods, which perform various functions in the ecosystem. Therefore, the characterization of the community of these groups of invertebrates is of fundamental importance, especially in agroecosystems inserted in the Apodi Plateau RN, where there lack of information about this biological component of the soil. The objective of this study was to characterize the community of macroarthropods of the soil according to the dry and rainy season in agroecosystems of the Apodi Plateau RN. Traps of the Provid type were installed in four environments (Native Vegetation, Agroecological, Short Cycle Cultivation and Fruticulture) during two collection periods (dry and rainy season). The macroarthropods were identified at the level of order, and was evaluated the abundance, relative frequency, biomass, group richness, diversity indexes of Shannon (H) and dominance of Simpson (S). Twenty taxonomic groups were observed between the sampling periods, being the highest frequencies found during the rainy season in all four environments. The orders Hymenoptera, Araneae and Coleoptera were found in higher frequencies in the dry period, respectively for the Fruticulture, Agroecological and Short Cycle Cultivation Environments, the highest biomass was found in the rainy season for the Orthoptera order in the Short Cycle Cultivation. The highest ecological indexes of Shannon and Simpson were obtained in the Environments of Fruticulture/rainy and Native Vegetation/dry season. The physical attributes related to soil structure (MWD and Tp) and the chemical attributes pH, Ca, Mg and CEC influenced the occurrence of the functional group litter transformers (Coleoptera) in the Short Cycle Cultivation Environment. The predatory functional group (Araneae) was influenced by the total organic carbon and soil density in the Environment of Fruticulture (EF - Ferralsol).

Key - Words: Ecosystems engineers, Caatinga, Seasonality.

1 INTRODUÇÃO

O bioma Caatinga, caracterizado por variações sazonais quanto às precipitações pluviais e elevadas temperaturas abriga uma diversidade de ordens de macroartrópodes edáficos (CARMO et al., 2013; SANTOS et al., 2018). Os macroartrópodes do solo são organismos visíveis a olho nu, e algumas ordens são conhecidas como “engenheiros do ecossistema” pois eles realizarem inúmeras funções em íntima associação com o solo, sendo organismos chaves para o biofuncionamento do solo, do ponto de vista físico, químico e biológico (LAVELLE et al., 2016).

Os macroartrópodes são, portanto, utilizados como bioindicadores da qualidade do solo e dos agroecossistemas, pois são sensíveis às práticas de manejo do solo com preparo e queimadas, além de variações ambientais (ROUSSEAU et al., 2013; BARRETA et al., 2014; LIMA et al., 2017; PEREIRA et al., 2017; ROY et al., 2018). Na física do solo, atuam em processos que levam a melhoria da porosidade, aeração e estruturação, por meio de abertura de túneis e galerias. Estes também beneficiam a qualidade química do solo atuando em processos como: fragmentação vegetal, ciclagem e disponibilidade de nutrientes. Além disso, auxiliam em serviços de outras classes como meso e microfauna (LAVELLE et al., 2016; PEREIRA et al., 2017).

Diante disso, estudos têm reportado que práticas de manejo de solos onde ocorrem conversão de sistemas naturais para fins agrícolas, aliada a sazonalidade das chuvas em regiões semiáridas, ocasionam modificações na comunidade de organismos edáficos, afetando negativamente a distribuição das populações, alimento e habitat desses organismos (SIQUEIRA et al., 2014; SAAD et al., 2017; ARAÚJO et al., 2018; NUNES et al., 2018; XIN et al., 2018).

Com relação a variação sazonal, ocorre uma redução na população dos macroartrópodes na estação seca, em função da escassez de alimento e água, pois a umidade e a temperatura são fatores importantes na regulação do ciclo de vida desses organismos, por outro lado, uma maior abundância, diversidade e riqueza de grupos é observada na estação chuvosa (DUYAR; MAKINECI, 2016; LIU; STEINBERGE, 2017; WELEMARIAM et al., 2018).

A Chapada do Apodi inserida na região semiárida do Brasil se caracteriza por uma agricultura familiar consolidada, sobretudo em assentamentos rurais com adoção de práticas de manejo do solo e cultivos agrícolas mais sustentáveis em agroecossistemas (BRITO et al., 2017). Dessa forma, há necessidade de pesquisas que venham avaliar a influência da

sazonalidade das chuvas, bem como do manejo do solo na comunidade de macroartrópodes sob esses agroecossistemas, haja vista as escassas informações sobre a temática.

Assim, este trabalho parte das seguintes hipóteses: i) Agroecossistemas com usos agrícolas e manejo do solo influenciam na diversidade dos macroartrópodes, pois os sistemas de manejo do solo alteram a estrutura da comunidade de macroinvertebrados edáficos em relação à condição de vegetação natural (SANTOS et al., 2018; NOGUERA; TALAVERA et al. 2017). ii) A variação sazonal das condições climáticas do bioma Caatinga influenciam na frequência de ocorrência, biomassa seca, riqueza de grupos e índices ecológicos de macroartrópodes do solo, pois o período chuvoso proporciona maior diversidade dos macroinvertebrados em função da maior oferta de alimentos (NUNES et al., 2018).

Face ao exposto, a pesquisa objetivou avaliar a estrutura da comunidade de macroartrópodes do solo, quanto à frequência de ocorrência, biomassa seca, riqueza de grupos e índices ecológicos em agroecossistemas nos períodos seco e chuvoso na Chapada do Apodi–RN.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Localização do ambiente de estudo

A pesquisa foi realizada no Assentamento Moacir Lucena, situado no município de Apodi (05°39'51'' S, 37°47'56'' W), inserido na microrregião da Chapada do Apodi-RN. De acordo com a classificação de Köppen, o clima é BSh, quente e seco (ALVARES et al., 2013). O município apresenta precipitação pluvial média anual de 767 mm e temperatura média de 29,1°C com vegetação do tipo savana estépica (Caatinga) (INMET, 2018) (Figura 1).

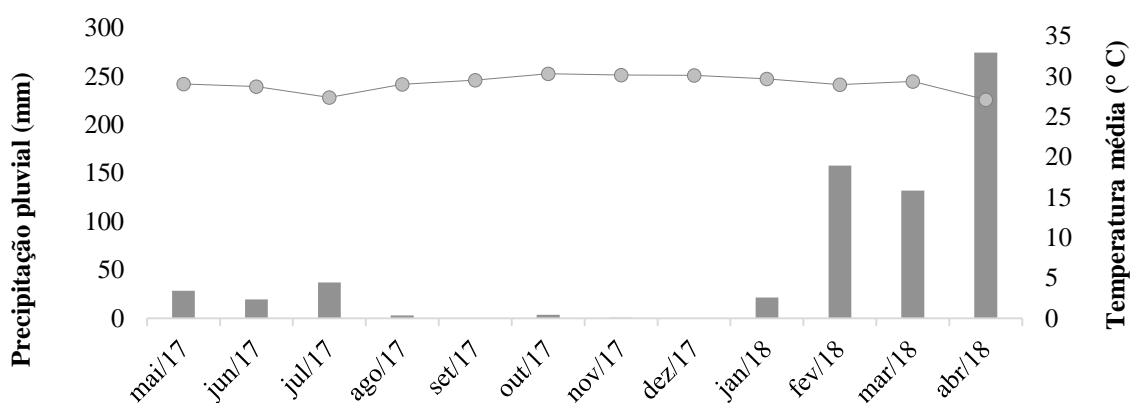


Figura 1. Precipitação pluvial e temperatura média no município de Apodi-RN. **Fonte:** <http://www.INMET.gov.br>

2.2 Caracterização do Assentamento Moacir Lucena

O Assentamento Moacir Lucena está localizado na Chapada do Apodi, distando 22 km da sede do município de Apodi-RN. O Assentamento surgiu por meio de lutas pela posse das terras no ano de 1998. Atualmente, é composto por 28 famílias totalizando 118 pessoas (entre adultos e crianças), com uma área de 500 hectares, onde estão distribuídos lotes coletivos e lotes individuais, destinados a atividades agropecuárias (cultivos agrícolas e criação de animais). Na busca por novas alternativas e formas de produção e obtenção de rendas diferenciadas, a comunidade busca desenvolver uma proposta orientada pela agroecologia para o cultivo e produção, onde os agricultores procuram utilizar os recursos locais de maneira sustentável (SOUZA et al., 2011).

2.3 Histórico dos ambientes em estudo

Foram definidos quatro ambientes representativos do Assentamento Moacir Lucena Apodi-RN, com suas classes de solos, coordenadas geográficas e histórico de uso (Tabela 1).

Tabela 1. Ambientes e classes, coordenadas geográficas e histórico no Assentamento Moacir Lucena-RN

Ambientes e classes de solos	Coordenadas geográficas	Histórico de uso
Ambiente de Vegetação nativa (VN - Latossolo Amarelo)	05°32'06,6" S 37°53'46,9" W	Ambiente com presença das principais espécies do bioma caatinga como: catingueira (<i>caesalpinia pyramidalis</i> Tul.) mofumbo (<i>Combretum leprosum</i> L.) juazeiro (<i>Ziziphus joazeiro</i> Mart.) Macambira (<i>Bromelia laciniosa</i>) e jurema preta (<i>Mimosa hostilis</i> Benth.). A área possui 60 ha.
Ambiente Agroecológico (AA - Argissolo Amarelo)	05°33'16,8" S 37°53'19,4" W	Ambiente onde ocorre o plantio de culturas em consórcio no período chuvoso tais como: feijão de corda (<i>Vigna unguiculata</i> L. Walp) milho (<i>Zea mays</i> L.) jerimum (<i>Cucurbita</i> spp.) sorgo (<i>Sorghum bicolor</i> L.) gergelim (<i>Sesamum indicum</i> L.) e melancia (<i>Citrullus lanatus</i> L.). O manejo agroecológico da área surgiu por meio da formação dos próprios assentados em trabalhar a terra de modo agroecológico, como meio de produção de alimentos mais saudáveis. No período seco a área recebe práticas de raleamento e rebaixamento da Caatinga. A área plantada possui 1 ha.
Ambiente de Cultivo de Ciclo Curto (AC - Cambissolo Háplico)	05°33'14,5" S 37°53'14,5" W	Ambiente com histórico de cultivo de sorgo (<i>Sorghum bicolor</i> L.) em 2 ha. O solo encontra-se atualmente coberto por plantas espontâneas, o ambiente não vem sendo cultivado há 6 anos, em função das sucessivas secas ocorridas na região.
Ambiente de Fruticultura (AF - Latossolo Amarelo)	05°31'49,8" S 37°54,02' 5" W	Ambiente de lotes coletivos, antes dos agricultores (as) conseguirem a posse do Assentamento a área era destinada a produção de algodão (<i>Gossypium hirsutum</i> L.) pelo antigo proprietário do local, com preparo do solo por meio de aração e gradagem. Há cerca de 10 anos a área vem sendo cultivada com cajueiro (<i>Anacardium occidentale</i> L.) com realização de podas de manutenção todos os anos, bem como podas drásticas a cada 5 anos. A área possui 20 ha.

2.4 Coleta, análise dos macroartrópodes e caracterização dos solos

Foram instaladas armadilhas do tipo Provid, em cada um dos quatro ambientes em transecto cruzado, espaçadas a uma distância de 5 m entre cada armadilha (Giracca et al., 2003). As armadilhas foram constituídas por garrafas plásticas com capacidade de 2 L com quatro orifícios de 2 cm² na altura de 20 cm de sua base, contendo 20 mL de uma solução de detergente neutro 10% 30 mL de álcool etílico a 70% e 50 mL de água, totalizando 100 mL da solução preservante. As mesmas foram instaladas de modo que os orifícios ficassem ao nível do solo, permanecendo no local por um período de 48 horas. Os períodos de instalação foram nos meses de dezembro de 2017 e abril de 2018 período seco e chuvoso na região, respectivamente. No período seco foram instaladas 10 armadilhas por ambiente para caracterização da comunidade de macroartrópodes e confecção da curva de rarefação, de posse da curva foi determinada a quantidade ideal de armadilhas (30 por ambiente) a serem usadas na 2 amostragem (período chuvoso).



Figura 2. Armadilhas para captura de macroartrópodes nos períodos seco (A) e chuvoso (B) nos ambientes em estudo: Vegetação nativa (VN – Latossolo Amarelo); Agroecológico (AA - Argissolo Amarelo); Cultivo de Ciclo Curto; (AC - Cambissolo Háplico) e Fruticultura (AF – Latossolo Amarelo).

Após esse período as armadilhas foram levadas ao Laboratório de Matéria Orgânica do Solo do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba. O material coletado nas armadilhas foi lavado em água corrente e colocado em peneiras de 0,25 mm. Os macroartrópodes presentes nas amostras foram classificados, quantificados e reunidos no grupo taxonômico Ordem. Na avaliação quantitativa, foi mensurado o número total de organismos (abundância de espécies) e a frequência de ocorrência (%). Após a contagem, o material coletado foi posto para secar, para determinação da biomassa seca (g). As comparações entre comunidades dos diferentes agroecossistemas e entre períodos de coletas foram feitas mediante a utilização dos índices de diversidade de Shannon e dominância de Simpson (BEGON et al., 1996; SIMPSON, 1949).

A tabela abaixo descreve a caracterização física e química das classes de solos nos ambientes para a camada de 0,00-0,05 m e foi utilizada para a elaboração da análise de componentes principais, em conjunto com as ordens dos macroartrópodes.

Tabela 2. Caracterização dos atributos físicos e químicos dos solos na camada 0,00-0,05 m nos ambientes em estudo, Assentamento Moacir Lucena, Apodi-RN

pH H ₂ O (1:2,5)	P mg dm ⁻³	Ca ----cmolc dm ⁻³ ----	Mg g kg ⁻¹	COT g kg ⁻¹	Ds g cm ⁻³	Pt cm ³ cm ⁻³	DMP mm
Ambiente de Vegetação Nativa (VN - Latossolo Amarelo)							
6,8	0,7	7,3	4,4	7,1	1,58	0,44	1,6
Ambiente Agroecológico (AA - Argissolo Amarelo)							
7,1	3,8	7,2	6,4	5,5	1,59	0,42	1,0
Ambiente Cultivo de Ciclo Curto (AC - Cambissolo Háplico)							
7,5	2,1	14,3	7,1	4,5	1,50	0,48	2,8
Ambiente de Fruticultura (AF - Latossolo Amarelo)							
6,7	2,0	7,1	1,7	6,2	1,59	0,44	0,9

pH: Potencial hidrogeniônico; P: Fósforo; Ca: Cálcio; Mg: Magnésio; COT: Carbono orgânico total; Ds: Densidade do solo; Pt: Porosidade total; DMP: Diâmetro médio ponderado.

2.5 Análise estatística

Os dados foram analisados por meio do software R (R CORE TEAM, 2018). A similaridade entre os ambientes em estudo foi avaliada por meio de dendograma com matriz descrita usando o índice de similaridade de Jaccard. Para os índices ecológicos dominância de Simpson e diversidade de Shannon foi realizada a análise de variância (ANOVA tipo “two-way”) e as médias dos ambientes e períodos de coleta foram comparadas por meio do teste de Bonferroni a 5%.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A curva de rarefação representa o esforço amostral *versus* a riqueza acumulada das ordens de macroartrópodes edáficos, indicando a quantidade correta de armadilhas a serem utilizadas (HSIEH et al., 2016). No presente estudo, a curva de rarefação gerada para todos os ambientes amostrados e períodos de coleta apresentou tendência à estabilização, indicando um padrão crescente no número de espécies coletadas em função do número de exemplares amostrados (Figura 3). Nesse caso, haja vista a inexistência de metodologias de amostragem para essa área e visando obter o valor máximo de riqueza de grupos sem perda de informações, este estudo propõe um número de 105 amostras (26 armadilhas por ambiente) a serem coletadas para os quatro agroecossistemas na Chapada do Apodi-RN (Figura 3).

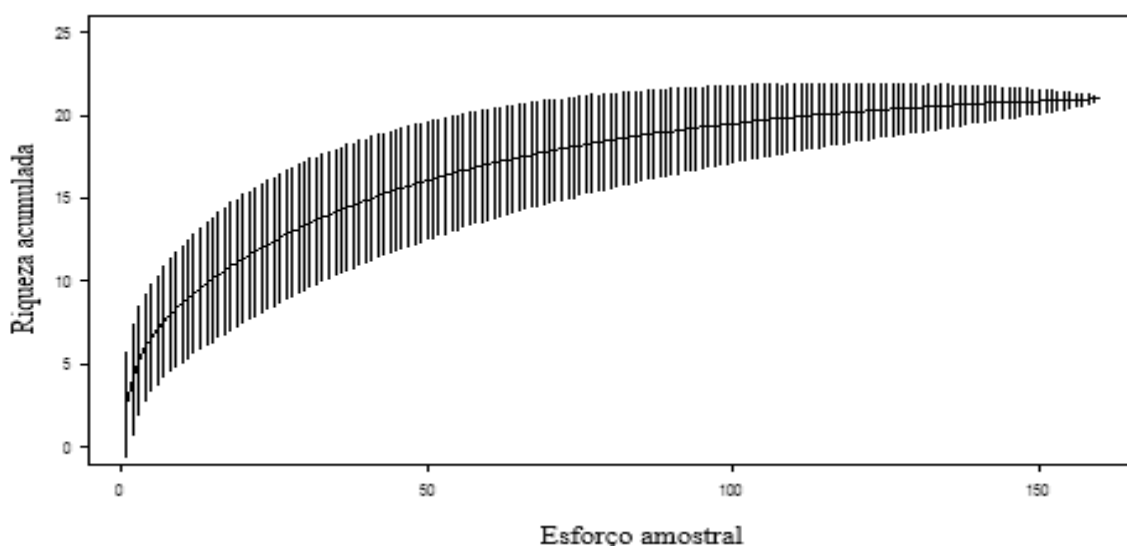


Figura 3. Curva de rarefação para ordens dos macroartrópodes em quatro ambientes e dois períodos de coleta, Assentamento Moacir Lucena, Apodi-RN.

Poucos são os trabalhos realizados para determinar a suficiência amostral com macroinvertebrados do solo, o que torna importante e necessário esse tipo de estudo (BIAN et al., 2018). A escassez de informações acentua-se ainda mais no bioma Caatinga, o que pode induzir na subestimação ou superestimação dos índices ecológicos de organismos edáficos do solo. A riqueza de espécies é altamente dependente do tamanho da amostra, por isso faz-se necessária a adoção de estratégias de adequação quanto ao padrão amostral da comunidade em estudo, tornando primordial a confecção da curva de rarefação (MESSINA et al., 2015; HSIEH et al., 2016).

Analisando a literatura, observa-se certa discrepância em relação a amostragem para a captura dos macroartrópodes em pesquisas realizadas no bioma Caatinga. Em estudo sobre alterações na abundância e diversidade dos artrópodes em cultivos de fruteiras no semiárido Cearense, Araújo et al. (2018) reportam o uso de 12 armadilhas provid instaladas por ambiente (Vegetação nativa, cultivos de manga, goiaba e coco) totalizando 48 armadilhas. Ao monitorar a estrutura e diversidade na comunidade de insetos sociais em ambiente de Caatinga no Cariri Paraibano, Elisei et al. (2017) destacam o emprego de 30 armadilhas por ambiente (totalizando 60 armadilhas). Nunes et al. (2018) mencionam o uso de 240 armadilhas tipo provid em ambiente de Caatinga arbustivo arbórea.

Foram obtidos 20 distintos grupos taxonômicos ao nível de ordem para a comunidade de macroartrópodes edáficos nos dois períodos de amostragem (Aranha, Hymenoptera, Orthoptera, Phasmatodea, Mantodea, Diplopoda, Hemiptera, Scorpionidae, Lepidoptera, Dermaptera, Coleoptera, Protocoleoptera, Diplopoda, Blatodea, Pseudoscorpionidae, Thysanoptera, Scutigeromorpha, Larva de Lepidoptera, Isoptera e Isopoda) sendo o maior número de ordens observado no período chuvoso (14). As maiores frequências foram observadas predominantes para as ordens Hymenoptera, Araneae e Coleoptera, respectivamente, para os quatro ambientes nos dois períodos de amostragem (Tabela 3).

De maneira geral, em relação ao período de amostragem, as frequências da ordem Hymenoptera tenderam a um acréscimo no período chuvoso, com exceção da maior frequência no período seco para o ambiente de Fruticultura (93,06%). Esse mesmo comportamento foi observado para a ordem Araneae no ambiente Agroecológico, com exceção da maior frequência no período seco (42,03%). A ordem Coleoptera apresentou maiores frequências de ocorrência na estação seca para os ambientes de Vegetação Nativa (18,73%) Cultivo de ciclo curto (17,65%) e Fruticultura (13,68%) (Tabela 3).

A maior frequência de ocorrência da ordem Hymenoptera no período seco deve-se a fácil adaptabilidade a múltiplos ambientes e condições adversas, hábito social, bem como maior quantidade de indivíduos, principalmente da família Formicidae, essa ordem se caracteriza por apresentar hábito de predação insetívora ou fitógrafa (SANTOS et al., 2018). Esses resultados estão de acordo com dados obtidos por Nunes et al. (2018) que encontraram maiores frequências do grupo dominante formicidae no período seco ao avaliar a fauna edáfica em gradiente vegetacional no parque Nacional de Sete Cidades, Piauí. Estudando ambientes de Savana seca na Venezuela sob períodos seco e chuvoso Morales Márquez et al. (2017) citam que as ordens dominantes foram Coleoptera (34,57%), Hymenoptera (27,02 %) e Isoptera (17,00%) para ambos os períodos de amostragem. Em estudo conduzido em ambientes de cavernas na região da Chapada do Apodi-RN, Bento et al. (2016) destacam

que a ordem Araneae foi o segundo grupo de maior ocorrência nos períodos seco e chuvoso, os autores atribuem maior ocorrência no período chuvoso a maior disponibilidade de recursos e alimentos.

No período seco houve destaque para a ordem Coleoptera para os ambientes de Vegetação Nativa, Cultivo de ciclo curto e Fruticultura. Embora algumas famílias atuem como pragas na agricultura, a maioria das espécies de Coleoptera age de forma benéfica no solo, atuando em processos como decomposição da matéria orgânica (SANTOS et al., 2016; FARIAS; HERNANDES, 2017). Os hábitos alimentares dessa ordem são diversificados o que justifica a sua predominância na vegetação nativa onde há diversificação de plantas, essa ordem pode atuar tanto como saprófaga como predadora de outros organismos (MATTA et al., 2017).

O período chuvoso influenciou na ocorrência de algumas ordens distintas como: Orthoptera, Mantodea, Phasmatodea, Hemiptera e Isoptera, sendo a ordem Orthoptera a de maior ocorrência no ambiente Cultivo de Ciclo Curto em relação aos demais ambientes (8,09 %). A presença de plantas espontâneas e a maior umidade do solo proporcionou nesse ambiente um microclima adequado as condições de desenvolvimento, com favorecimento de oferta de alimento e abrigo contra predadores (SIQUEIRA et al, 2014; PANT et al., 2018). Dessa forma, o ciclo de vida dos macroartrópodes é regulado por padrões climáticos em relação a umidade e temperatura, podendo ocorrer alterações na composição da estrutura dessas comunidades conforme variações na sazonalidade (DUYAR; MAKINECI, 2017).

Tabela 3. Frequência de ocorrência das ordens de macroartrópodes em 4 ambientes e 2 períodos de estudo, Assentamento Moacir Lucena, Apodi–RN

Ordens	Cultivo ciclo curto		Agroecológico		Fruticultura		Vegetação Nativa	
	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso
Frequência de ocorrência (%)								
ARA	-	2,51	42,03	6,48	-	1,00	10,05	14,60
HYM	64,71	66,99	28,99	58,95	93,06	86,84	44,95	52,85
ORT	-	8,09	-	5,14	-	2,67	-	7,22
PHA	-	1,12	-	-	-	0,84	-	-
MAN	-	0,42	-	0,62	-	-	-	-
DIPL	-	2,09	-	0,31	-	-	-	-
HEM	-	-	-	0,31	-	0,32	-	-
SCO	-	-	-	-	-	-	-	0,23
LEP	-	0,70	-	0,62	-	0,64	-	0,23
DER	-	-	-	0,31	-	-	-	0,23
COL	17,65	11,86	14,49	13,68	2,78	3,22	18,73	7,16
PRO	5,88	-	-	-	-	-	-	-
DIP	-	6,00	-	7,51	2,78	4,37	-	8,17
BLA	-	-	14,49	0,31	-	-	-	0,23
PSE	11,76	-	-	-	-	-	-	-
THY	-	-	-	0,31	1,38	0,10	-	1,54
SCU	-	-	-	-	-	-	7,49	0,23
L. LEP	-	0,21	-	0,31	-	-	7,49	0,23
ISOPT	-	-	-	5,14	-	-	-	4,31
ISO	-	-	-	-	-	-	11,29	2,77
TOTAL	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

ARA: Araneae, HYM: Hymenoptera, ORT: Orthoptera, PHA: Phasmatodea, MAN: Mantodea, DIPL: Diplopoda, HEM: Hemiptera, SCO: Scorpionidae, LEP: Lepidoptera, DER: Dermaptera, COL: Coleoptera, PRO: Protocoleoptera, DIP: Diptera, BLA: Blatodeae, PSE: Pseudoscorpionidae, THY: Thysanoptera, SCU: Scutigeromorpha, L. LEP: Larva de Lepidoptera, ISOPT: Isoptera, ISO: Isopoda.

A variável biomassa seguiu a mesma tendência da frequência de ocorrência, com exceção do maior valor para a ordem Orthoptera (0,20 g), seguida de Hymenoptera (0,12 g), Araneae (0,09 g) e Coleoptera (0,05 g) ambas no período chuvoso (Tabela 3). Os maiores valores de biomassa foram encontrados no Ambiente de Cultivo de Ciclo Curto, devido à maior frequência de indivíduos da ordem Orthoptera. Assim, a ocorrência de chuvas proporciona um ambiente que favorece um maior aporte de biomassa para macroinvertebrados. Durante o período chuvoso também ocorre aumento da biomassa vegetal, que reflete em maiores recursos para os macroartrópodes (KRAB et al., 2014; WANG et al., 2018). Fatores climáticos como precipitação pluvial e temperatura influenciaram na biomassa seca dos macroartrópodes, sendo o maior valor encontrado para a ordem Orthoptera na estação chuvosa, decorrente da maior oferta de alimentos (MARQUES; DEL-CLARO et al, 2010).

Tabela 4. Biomassa das ordens de macroartrópodes para os ambientes e períodos de estudo, Assentamento Moacir Lucena, Chapada do Apodi–RN

Ordens	Cultivo ciclo curto		Agroecológico		Fruticultura		Vegetação Nativa	
	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso
Biomassa (g)								
ARA	-	0,09	0,01	0,02	-	$4,4 \times 10^{-3}$	$5,1 \times 10^{-3}$	$3,4 \times 10^{-3}$
HYM	$4,0 \times 10^{-3}$	0,12	$6,0 \times 10^{-4}$	$6,7 \times 10^{-3}$	0,01	$4,7 \times 10^{-3}$	$6,0 \times 10^{-4}$	0,06
ORT	-	0,20	-	0,09	-	0,09	-	0,11
PHA	-	0,06	-	-	-	0,01	-	-
MAN	-	$6,6 \times 10^{-5}$	-	$1,0 \times 10^{-4}$	-	-	-	-
DIPL	-	$5,6 \times 10^{-4}$	-	0,06	-	-	-	-
HEM	-	-	-	$4,0 \times 10^{-4}$	-	0,01	-	-
SCO	-	-	-	-	-	-	-	$9,0 \times 10^{-4}$
LEP	-	$2,7 \times 10^{-3}$	-	$4,0 \times 10^{-4}$	-	$3,6 \times 10^{-3}$	-	$3,3 \times 10^{-5}$
DER	-	-	-	$3,3 \times 10^{-5}$	-	-	-	$3,3 \times 10^{-5}$
COL	$2,6 \times 10^{-3}$	0,05	0,08	0,01	$5,8 \times 10^{-3}$	0,05	0,01	-
PRO	$1,0 \times 10^{-3}$	-	-	-	-	-	-	-
DIP	-	$1,1 \times 10^{-3}$	-	$3,6 \times 10^{-3}$	$6,0 \times 10^{-4}$	0,01	$3,0 \times 10^{-4}$	$2,9 \times 10^{-3}$
BLA	-	-	$1,0 \times 10^{-3}$	$6,6 \times 10^{-5}$	-	-	$5,0 \times 10^{-4}$	$1,47 \times 10^{-2}$
PSE	$2,1 \times 10^{-3}$	-	-	-	-	-	-	-
THY	-	$1,6 \times 10^{-3}$	-	$3,3 \times 10^{-5}$	$4,0 \times 10^{-4}$	$2,1 \times 10^{-3}$	-	$8,6 \times 10^{-4}$
SCU	-	-	-	-	-	-	$2,6 \times 10^{-3}$	$4,4 \times 10^{-3}$
L. LEP	-	$6,3 \times 10^{-4}$	-	$3,3 \times 10^{-5}$	-	-	-	$2,3 \times 10^{-4}$
ISOPT	-	-	-	$3,3 \times 10^{-4}$	-	-	-	$3,6 \times 10^{-4}$
ISO	-	-	-	-	-	-	$5,0 \times 10^{-4}$	$9,3 \times 10^{-4}$

ARA: Araneae, HYM: Hymenoptera, ORT: Orthoptera, PHA: Phasmatodea, MAN: Mantodea, DIPL: Diplopoda, HEM: Hemiptera, SCO: Scorpionidae, LEP: Lepidoptera, DER: Dermaptera, COL: Coleoptera, PRO: Protocoleoptera, DIP: Diptera, BLA: Blatodeae, PSE: Pseudoscorpionidae, THY: Thysanoptera, SCU: Scutigeromorpha, L. LEP: Larva de Lepidoptera, ISOPT: Isoptera, ISO: Isopoda.

A riqueza de grupos de macroartrópodes edáficos foi influenciada pelos ambientes e períodos de amostragem (Figura 4). Observa-se que no período seco a maior riqueza foi obtida na Vegetação nativa (6 grupos) enquanto que no período chuvoso os ambientes Agroecológico e Vegetação nativa apresentaram padrão de riqueza similares, ambos com 14 grupos taxonômicos. Os ambientes Cultivo de Ciclo Curto e Fruticultura apresentaram menores riquezas nos dois períodos de amostragem, devido uma maior intensificação de práticas agrícolas nesses ambientes. O ambiente Vegetação Nativa e Agroecológico contribuíram para um maior número de ordens de macroartrópodes edáficos, principalmente no período chuvoso, por conferirem um habitat mais seguro, com diversidade de espécies vegetais capazes de ofertar mais alimento e fornecer maior suporte energético. Além disso,

a manutenção de resíduos vegetais na superfície do solo mantém níveis de umidade do solo mais elevados, criando condições favoráveis adequadas para reprodução desses organismos (ROUSSEAU et al., 2014; AMAZONAS et al., 2018; ARAÚJO et al., 2018). Maiores riquezas de ordens no período chuvoso também foram relatadas por Araújo et al. (2010), ao avaliarem a abundância e estratificação de macroartrópodes do solo em ambiente de Caatinga no Nordeste brasileiro, assim como Nunes et al. (2018).

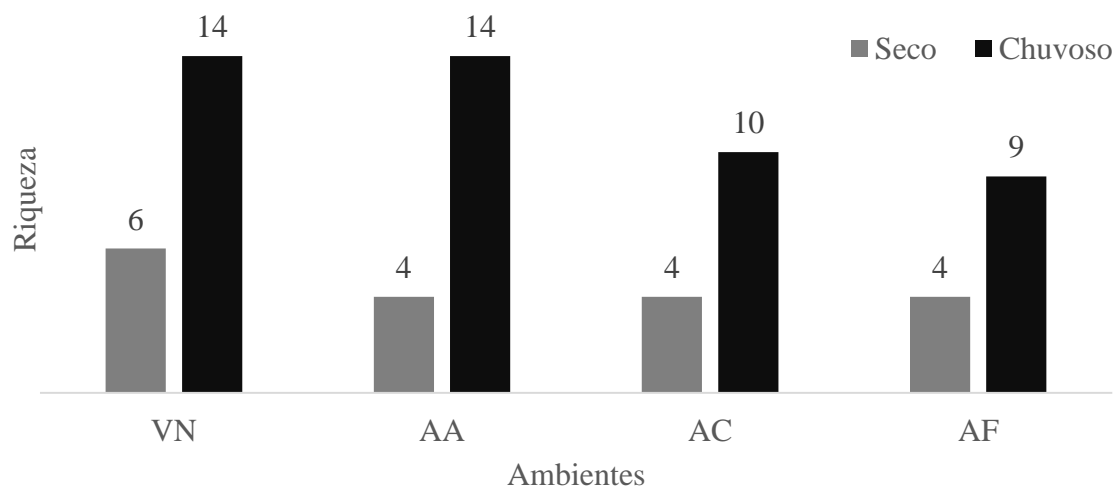


Figura 4. Riqueza de grupos de macroartrópodes para os ambientes e períodos de amostragem: Ambiente de Vegetação Nativa (VN – Latossolo Amarelo); Ambiente Agroecológico (AA – Argissolo Amarelo); Ambiente Cultivo de Ciclo Curto (AC – Cambissolo Háplico) e Ambiente de Fruticultura (AF – Latossolo Amarelo).

Ocorreu diferença significativa para os índices ecológicos de Shannon e Simpson, onde os maiores valores foram observados no ambiente de Fruticultura no período chuvoso e Vegetação Nativa/seco ($0,88 \pm 0,40$ e $0,57 \pm 0,37$, respectivamente). Os índices de diversidade são influenciados pela abundância de indivíduos dentro de certos grupos, o que explica maior índice de Shannon no Ambiente de Fruticultura impulsionado pela abundância da ordem Hymenoptera no período seco. Condições favoráveis como maior aporte de resíduos na superfície do solo aliado a diversidade de espécies vegetais explicam o índice de Simpson no ambiente de Vegetação Nativa (CUNHA NETO et al., 2012). A comunidade edáfica é sensível às mudanças climáticas, em que os maiores valores de precipitação pluvial, influenciam o crescimento vegetal, e, conseqüentemente, a oferta de alimento o que contribui de forma positiva para elevação dos valores dos índices ecológicos (WELEMARIAM et al., 2018).

Tabela 5. Índices de diversidade ecológica de Shannon (H) e Simpson (S) para os ambientes e períodos de estudo, Assentamento Moacir Lucena, Chapada do Apodi-RN

Ambientes/período	Shannon (H)	Simpson (S)
Cultivo de Ciclo Curto/seco	0,18 ± 0,39 d	0,31 ± 0,42 d
Agroecológico/seco	0,06 ± 0,19 e	0,34 ± 0,47 d
Fruticultura/seco	0,11 ± 0,28 d	0,06 ± 0,16 e
Vegetação Nativa/seco	0,45 ± 0,50 c	0,57 ± 0,37 a
Cultivo de Ciclo Curto/chuvoso	0,71 ± 0,54 b	0,46 ± 0,28 b
Agroecológico/chuvoso	0,70 ± 0,47 b	0,40 ± 0,25 c
Fruticultura/chuvoso	0,88 ± 0,40 a	0,48 ± 0,21 b
Vegetação Nativa/chuvoso	0,75 ± 0,46 a	0,47 ± 0,24 b

Letras minúsculas iguais nas colunas não diferem pelo teste de Bonferroni a 5%

Por meio da análise de agrupamento com o índice de Jaccard e traçando-se uma reta ao nível de 60% de similaridade observa-se a formação de três grupos distintos: grupo I (Ambientes Vegetação Nativa, Agroecológico, Fruticultura e Cultivo de Ciclo Curto no período chuvoso), grupo II (Ambientes Vegetação Nativa e Agroecológico no período seco) e grupo III (Fruticultura e Cultivo de Ciclo Curto no período seco) (Figura 5).

O fator precipitação pluvial explica a formação do grupo I, já que os maiores índices pluviométricos que ocorrem na estação de verão contribuem para uma maior semelhança entre esses ambientes, proporcionando condições favoráveis a manutenção da diversidade dos macroartrópodes edáficos, como a oferta de alimentos. O grupo II apresenta maior homogeneidade entre os ambientes de Vegetação Nativa e Agroecológico, principalmente em função de uma menor pressão antrópica quando comparados aos ambientes Fruticultura e Cultivo de ciclo curto. Em relação ao grupo III, ocorre uma maior dissimilaridade em função dos períodos de amostragem. Essa dissimilaridade é evidenciada em função da maior distância euclidiana desses ambientes, principalmente no período seco. Outra provável explicação advém do fato da total ausência de cobertura vegetal no ambiente de Cultivo de Ciclo Curto no período seco em relação à fruticultura. Os restos vegetais da cultura de cajueiro, como folhas e galhos na superfície do solo, propiciaram, de certa forma, melhores condições para a comunidade dos organismos edáficos. A riqueza dos organismos edáficos é influenciada pela cobertura vegetal, a mesma proporciona um microclima favorável para esses organismos (BARRETA et al., 2014).

O ambiente Agroecológico e Vegetação Nativa são similares no período chuvoso (grupo I) apresentando menor distância euclidiana, culminando em menor estresse para a comunidade de organismos edáficos do solo. A maior similaridade desses ambientes deve-se a manutenção da cobertura vegetal, menor grau de antropização em relação aos ambientes

de fruticultura e cultivo de ciclo curto, maior aporte de matéria orgânica e ciclagem de nutrientes e maior umidade, consequentemente contribuindo para a manutenção da diversidade de macroartrópodes nesse período (BARRETA et al., 2014; AMAZONAS et al., 2018).

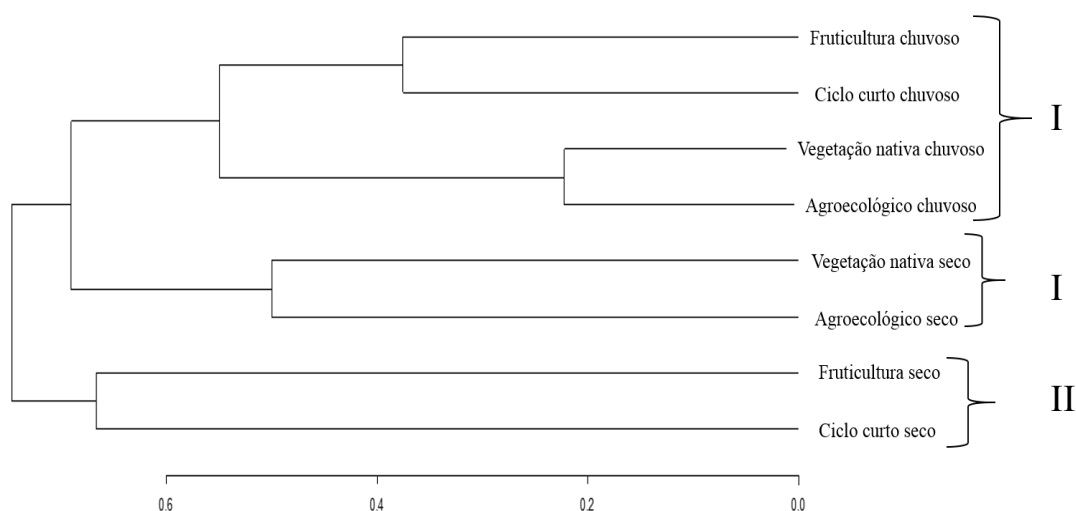


Figura 5. Dendrograma de similaridade com índice de Jaccard construído por meio dos dados de comunidade de macroartrópodes, obtidos em quatro ambientes e dois períodos de coleta, Assentamento Moacir Lucena, Apodi-RN.

Com relação à análise de componentes principais verifica-se que ocorreu distinção das ordens de macroartrópodes em função dos atributos físicos e químicos do solo para a profundidade de 0,00-0,05 m nos agroecossistemas (Figura 6). A ordem Coleoptera foi influenciada pelos atributos químicos pH, CTC, Ca e Mg, bem como os atributos físicos diâmetro médio ponderado e porosidade total na classe de Cambissolo do Ambiente Cultivo de Ciclo Curto.

A fertilidade natural do solo possibilitou a manutenção de uma maior quantidade de fitomassa nesse ambiente, principalmente no período chuvoso, isso confere maior suporte energético, o que proporciona ao desenvolvimento dessa ordem. Além disso, Rosa et al. (2015), reporta que a presença de nutrientes no solo (especialmente o Ca^{2+}) por exemplo, também é importante para diversos macroinvertebrados do solo, pois fisiologicamente esse cátion está relacionado a vários mecanismos de regulação osmótica e composição do exoesqueleto, assim como em processos de ecdise.

A qualidade estrutural do Cambissolo representado por maiores valores de diâmetro médio ponderado e porosidade total do solo na profundidade de 0,00-0,05 m

proporcionou melhores condições para a ordem Coleoptera (Tabela 2). Essa ordem pertence ao grupo funcional transformadores de serapilheira, pois fragmentam os detritos vegetais tornando-os mais acessíveis aos microorganismos, além de decompositores da matéria orgânica na superfície do solo e/ou em poucos centímetros abaixo dela. Dessa forma, produzem uma ampla variedade de estruturas maciças que podem se acumular na superfície e no interior do solo, levando à formação de agregados biogênicos e manutenção de poros acabam contribuindo para a manutenção da estrutura do solo. Por meio de processos de escavação os macroartrópodes fornecem canais para passagem de ar e infiltração de água, além de misturar matéria orgânica nas camadas do solo, essas redes subterrâneas de túneis e galerias promovem incrementos na porosidade e aeração do solo (CULLINEY, 2013). Os excrementos dos macroartrópodes como as pelotas fecais também influenciam em processos que auxiliam na formação de agregados das partículas do solo, contribuindo ainda na retenção de água e nutrientes no solo (LAVELLE, 2016).

A ordem Araneae mostrou correlação com o carbono orgânico total e a densidade do solo no Ambiente de Fruticultura (Latossolo Amarelo) (Figura 6). Essa correlação com o carbono orgânico total pode ser explicada devido a superfície desse ambiente receber resíduos culturais da cultura do cajueiro como folhas e galhos que ao longo do tempo incrementam os teores de carbono orgânico na superfície do solo. Além disso a decomposição desses resíduos orgânicos propicia a ocorrência de diversas outras ordens de macroartrópodes que funcionam como presas para as Aranhas. O conteúdo de carbono orgânico total e de nitrogênio na superfície do solo representam uma reserva de energia que estimula a comunidade de macroartrópodes edáficos (HADDAD et al., 2012).

A relação da densidade do solo com a ordem Araneae se dá de forma indireta, uma vez que se enquadram no grupo funcional predador. Essa predação dá-se principalmente de formigas, cupins, baratas e besouros que dependem de boas condições de estrutura do solo (como uma menor densidade), pois esses organismos desempenham funções como escavação, criação de tuneis e galerias no solo, promovendo a bioturbação e acabam dependendo de solos com menor densidade (LUZ et al., 2013; ROSA et al., 2015).

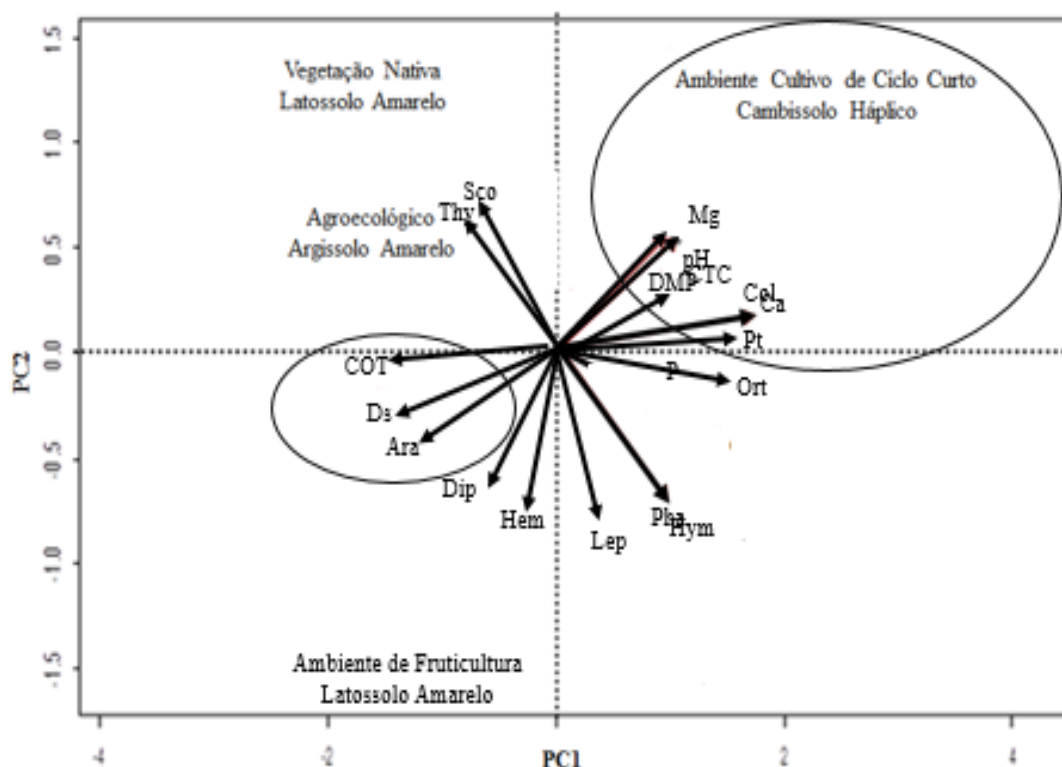


Figura 6. Análise dos componentes principais obtidos com os atributos físicos e químicos dos solos, ordens e ambientes em estudo no Assentamento Moacir Lucena, Apodi-RN.

De maneira geral, a comunidade biológica do solo (principalmente macroartrópodes) na busca por alimento e habitat traduz mudanças em relação aos atributos físicos (estrutura do solo) químicos (fertilidade do solo) e biológicos do solo, muito embora também sejam regulados por sazonalidade das chuvas, cobertura vegetal e práticas de manejo agrícola (PEREIRA et al., 2017). Dessa forma, por serem sensíveis as intervenções antrópicas nos agroecossistemas e a sazonalidade são utilizados como indicadores de qualidade do solo e do ambiente.

4 CONCLUSÕES

- 1- A comunidade de macroartrópodes na região da Chapada do Apodi-RN foi influenciada pela sazonalidade das chuvas, cobertura vegetal e atributos físicos e químicos dos solos.
- 2- Há efeito de época de amostragem na abundância dos principais grupos dos macroartrópodes.
- 3- Maior frequência de ocorrência, biomassa seca e número de ordem são mantidos nos ambientes Vegetação Nativa e Agroecológico no período chuvoso.
- 4- Os atributos físicos ligados a estrutura do solo (DMP e Pt) bem como os atributos químicos pH, Ca, Mg e CTC influenciaram a ocorrência do grupo funcional “Transformador de serrapilheira” (Coleoptera) no Ambiente Cultivo de Ciclo Curto (AC - Cambissolo Háplico).
- 5- O grupo funcional predador (Araneae) foi influenciado pelo carbono orgânico total e densidade do solo no Ambiente de Fruticultura (AF - Latossolo Amarelo).

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVARES, C.A. et al. Koppen's climatic classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, n.6, p.711-728, 2013.
- AMAZONAS, N.T. et al. Soil macrofauna density and diversity across a chronosequence of tropical forest restoration in Southeastern Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v.78, n.3, p.449-456, 2018.
- ARAÚJO, J.L. et al. Changes in the abundance and diversity of soil arthropods in the cultivation of fruit crops. **Revista Ciência Agronômica**, v.49, n.4, p.537-546, 2018.
- ARAÚJO, V.F.P. et al. Abundance and stratification of soil macroarthropods in a Caatinga Forest in Northeast Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v.70, n.3, p. 737-746, 2010.
- BARRETA, D. et al. Soil fauna and its relation with environmental variables in soil management systems. **Revista Ciência Agronômica**, v.45, n.5, p. 871-879, 2014.
- BEGON, M. et al. **Ecology: individuals, populations and communities**. 3. ed. Oxford: Blackwell Science. 1996. 524p.
- BIAN, Z.X. et al. Effects of urban sprawl on arthropod communities in periurban farmed landscape in Shenbei New District, Shenyang, Liaoning Province, China. **Scientific reports**, v.101, n. 8, p. 1-9, 2018.
- BENTO, D.M. et al. Seasonal variations in cave invertebrate communities in the Semiarid Caatinga, Brazil. **Journal of Cave and Karst Studies**, v.78, n.2, p.61-71, 2016.
- BRITO, R.F. et al. Morfologia e fertilidade do solo em áreas de produção do semiárido. **Revista de Ciências Agrárias**, v.40, n.3, p.525-532, 2017.
- CARMO, R.F.R. et al. Scorpion diversity in two types of seasonally dry tropical forest in the semi-arid region of Northeastern Brazil. **Biota Neotropical**, v.13, n.2, p.341-344, 2013.
- COSTA MILANES, C.B. et al. Influence of soil granulometry on average body size in soil ant assemblages: implications for bioindication. **Perspectives in Ecology and Conservation**, v.15, n.2, p.102-108, 2017.
- CULLYNEY, T.W. Role of arthropods in maintaining soil fertility. **Agriculture**, v.3, p. 629-659, 2013.
- CUNHA NETO, F.V. et al. Soil fauna as an indicator of soil quality in forest stands, pasture and secondary forest. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.36, p.1407-1417, 2012.
- DUYAR, A.; MAKINECI, E. Seasonal and altitudinal variations of soil arthropods in *Abies nordmanniana* subsp. *bornmulleriana* forests. **Bosque**, v.37, n.2, p.335-345, 2016.
- ELISEI, T. et al. Diversity and structure of social wasps community (Himenoptera: vespidae, polistinae) in Neotropical dry forest. **Sociobiology**, v.64, n.1, p.111-118, 2017.
- FARIAS, P.M.; HERNANDEZ, M.I.M. Dung beetles associated with agroecosystems of Southern Brazil: relationship with soil properties. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.41, n.2, p.1-13, 2017.

- GIRACCA, E.M.N. et al. Levantamento da meso e macrofauna na microbacia do Arroio Lino, Agudo, RS. **Revista Brasileira Agrobiologia**, v.9, p.257-261, 2003.
- HADDAD, G.Q. et al. Population fluctuations of Formicidae (hymenoptera) and Araneae (Arachnida) in two tillage systems in the region of Guaíra-SP. **Florida Entomologist**, v. 95, n.4, p.1012-1018, 2012.
- HSIEH, T.C. et al. iNEXT: an R package for rarefaction and extrapolation of species diversity (hill numbers). **Methods in Ecology and Evolution**, v.7, p.1451-1456, 2016.
- INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em <<http://www.inmet.gov.br>>. Acesso em 15 de maio de 2018.
- KRAB, E.J. et al. Northern peatland collembola communities unaffected by three summers of simulated extreme precipitation. **Applied Soil Ecology**, v.79, n.2, p.70-76, 2014.
- LAVELLE, P. et al. Ecosystem Engineers in a Self-organized Soil: A Review of Concepts and Future Research Questions. **Soil Science**, v.181 p.91-109, 2016.
- LIMA, K.D.R. et al. Soil fauna as bioindicator of recovery of degraded areas in the Caatinga biome. **Revista Caatinga**, v.30, n.2, p.401-411, 2017.
- LIU, R.; STEINBERG, Y. Seasonal distribution and diversity of ground active arthropods between shrub microhabitats in the Negev Desert, Israel. **Arid Land Research and Management**, v.32, n.1, p.91-110, 2017.
- LUZ, R.A. et al. Diversity of the arthropods edaphic fauna in preserved and managed with pasture areas in Teresina-Piauí-Brazil. **Brazilian Journal Biology**, v.73, n.3, p.483-489, 2013.
- MATTA, D.H. et al. Feeding habits of Carabidae (Coleoptera) associated with herbaceous plant and the phenology of coloured cotton. **Acta Scientiarum**, v.39, n.2, p.135-142, 2017.
- MARQUES, G.D.V.; DEL CLARO, K. Sazonalidade, abundância e biomassa de insetos de solo em uma reserva de Cerrado. **Revista Brasileira de Zootecias**, v.12, n.2, p.141-150, 2010.
- MESSINA, G. et al. A sampling optimization analysis of soil-bugs diversity (Crustacea, Isopoda, Oniscidea). **Ecology and Evolution**, v.6, n.1, p.191-201, 2016.
- NUNES, L.A.P.L. et al. Edaphic fauna in a vegetation gradient in the Sete Cidades National Park. **Brazilian Journal of Biology**, v.78, n.1, p.1-7, 2018.
- PANT, M. Macrofauna contributes to organic matter decomposition and soil quality in Himalayan agroecosystems, India. **Applied Soil Ecology**, v.120, p.20-29, 2018.
- PEREIRA, J.M. et al. Soil macrofauna as a soil quality indicator in native and replanted *Araucaria angustifolia* forests. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.41, n.2, p.1-15, 2017.
- R CORE TEAM (2018). R: A language and environment for statistical computing. R foundation for statistical computing, Viena, Austria. URL: <https://www.R-project.org/>.

- ROUSSEAU, L. et al. Soil macrofauna as indicators of soil quality and land use impacts in smallholder agroecosystems of Western Nicaragua. **Ecological Indicator**, v.27, p.71-82, 2013.
- ROSA, M.G. Macrofauna edáfica e atributos físicos e químicos em sistemas de uso do solo no planalto Catarinense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.39, n.6, p.1544-1553, 2015.
- ROY, S. et al. Soil arthropods in soil health maintenance: areas of impulse for sugarcane production systems. **Sugar Tech**, v.20, n.4, p.376-391, 2018.
- SAAD, L.P. et al. Vinasse and its influence on ant (Hymenoptera: formicidae) communities in sugarcane crops. **Journal of Insect Science**, v.17, n.1, p.1-7, 2017.
- SANTOS, D.P. Caracterização da macrofauna edáfica em sistemas de produção de grãos no Sudoeste do Piauí. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.51, n.9, p.1466-1475, 2016.
- SANTOS, J.B. et al. Soil macrofauna in organic and conventional coffee plantations in Brazil. **Biota Neotrópica**, v.18, n.2, p.1-13, 2018.
- SANTOS, J.S. et al. Spatial distribution and temporal variation of microcrustaceans assembly (Cladocera and Copepoda) in different compartments of a reservoir in the Brazilian semiarid region. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v.30, p.1-13, 2018.
- SIMPSON, E.H. Measurement of diversity. **Nature**, v.163, p.688, 1949.
- SIQUEIRA, G.M. et al. Land use intensification effects in soil arthropod community of an Entisol in Pernambuco, state Brazil. **The Scientific World Journal**, v.20, n.6, p.1-7, 2014.
- WANG, S. et al. Combined effects of cropping types and simulated extreme precipitation on the community composition and diversity of soil macrofauna in the eastern Qinghai-Tibet Plateau. **Journal of Soils and Sediments**, v.18, n.4, p.1-13, 2018.
- WELEMARIAM, M. et al. The effects of community-based soil and water conservation practices on abundance and diversity of soil macroinvertebrates in the Northern highlands of Ethiopia. **Agronomy**, v.8, n.56, p.1-15, 2018.
- XIN, X.L. et al. Abundance and depth stratification of soil arthropods as influenced by tillage regimes in a sandy loam soil. **Soil Use and Management**, v.34, n.2, p.286-292, 2018.

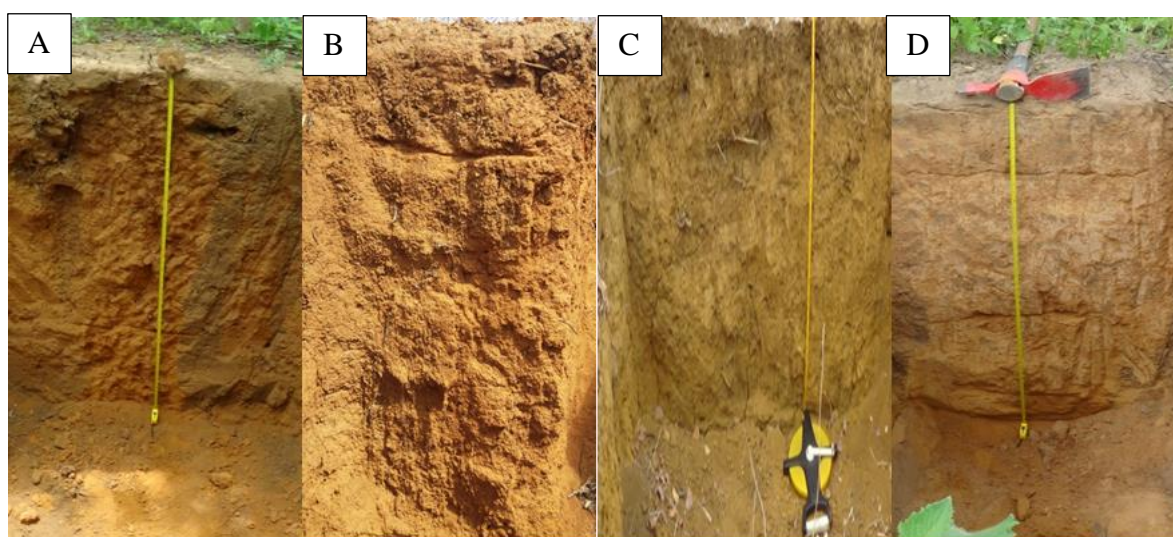
ANEXOS I

Horizonte	Prof.	Transição	Cor Munsell		Estrutura		
	cm		Seco	Úmido	Grau de desenvolvimento	Classe	Tipo
Ambiente de Vegetação Nativa (VN) - Latossolo Amarelo							
A	0-7	Gradual plana	10YR 4/6	10YR 3/4	Maciça a moderada	Pequena a média	Blocos subangulares
BA	7-25	Difusa plana	7,5YR 4/6	7,5YR 3/4	Moderada	Pequena a média	Blocos subangulares
Bw	25-97	Difusa plana	7,5YR 4/6	7,5YR 4/4	Moderada	Pequena a média	Blocos subangulares
BC	97-140+	Difusa plana	7,5YR 5/8	7,5YR 4/6	Moderada	Pequena a média	Blocos subangulares
Ambiente Agroecológico (AA) - Argissolo Amarelo							
A	0-3	Clara plana	7,5YR 3/4	7,5YR 2,5/3	Moderada	Muito pequena a pequena	Blocos subangulares
BA	3-16	Difusa plana	7,5YR 4/6	7,5YR 3/4	Moderada	Muito pequena a pequena	Blocos subangulares
Bt	16-95	Gradual plana	7,5YR 4/6	7,5YR 4/6	Moderada	Muito pequena a pequena	Blocos subangulares
BC	95-118	Abrupta ondulada	7,5YR 4/6	7,5YR 4/6	Moderada	Muito pequena a pequena	Blocos subangulares
C	118-130+	Abrupta ondulada	7,5YR 4/6	7,5YR 4/6	Moderada	Muito pequena a pequena	Blocos subangulares
Ambiente de Cultivo de ciclo curto (AC) - Cambissolo Háplico							
Ap	0-6	Abrupta ondulada	7,5YR 3/4	7,5YR 3/2	Moderada	Muito pequena a pequena	Blocos subangulares
BA	6-18	Difusa plana	7,5YR 4/6	7,5YR 4/4	Moderada	Pequena	Blocos subangulares
Bi	18-60	Gradual ondulada	7,5YR 4/6	7,5YR 4/6	Maciça	Pequena a média	Blocos subangulares
BC	60-105	Abrupta ondulada	7,5YR 5/8	7,5YR 4/6	Moderada	Muito pequena a pequena	Blocos subangulares
C	105-145+	Abrupta ondulada	7,5YR 5/8	7,5YR 4/6	Ausente	Ausente	Ausente
Ambiente de Fruticultura (AF) - Latossolo Amarelo							
A	0-5	Clara ondulada	10YR 4/3	7,5YR 3/3	Moderada	Muito pequena	Blocos subangulares
AB	5-20	Clara ondulada	7,5YR 5/4	7,5YR 4/4	Maciça	Muito pequena a pequena	Blocos subangulares
BA	20-40	Difusa plana	7,5YR 5/6	5YR 4/6	Maciça	Muito pequena a pequena	Blocos subangulares
Bw	40-120	Difusa plana	7,5YR 5/8	5YR 4/6	Moderada	Muito pequena a pequena	Blocos subangulares
BC	120-140+	Difusa plana	7,5YR 5/8	5YR 4/6	Moderada	Muito pequena a pequena	Blocos subangulares

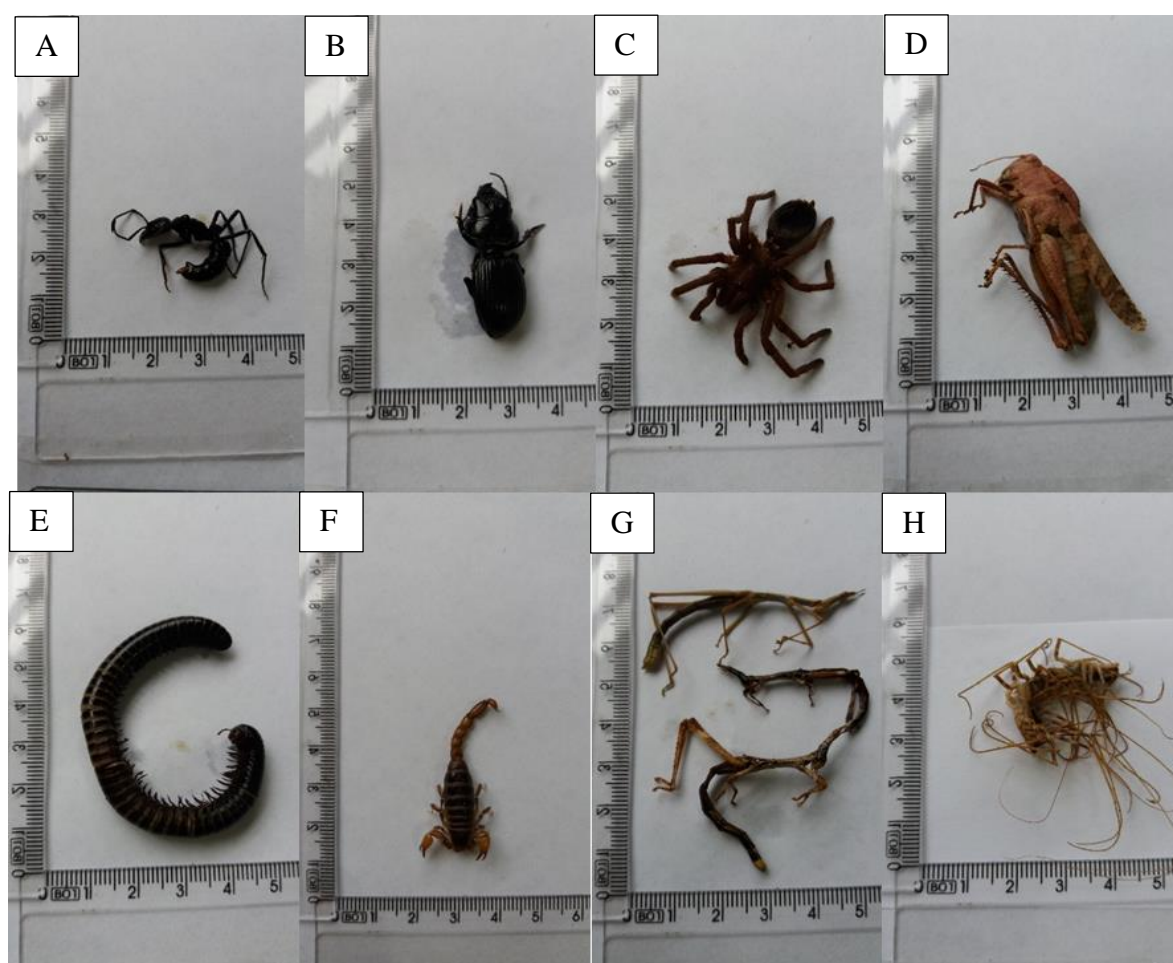
Consistência				Raízes		Nódulos e concreções
Úmida		Seca	Molhada	Quantidade e diâmetro		
Ambiente de Vegetação Nativa (VN) – Latossolo Amarelo						
Friável	Ligeiramente dura	Plástico	Pegajoso	Poucas	Médias	Muito pouco, esférico e pequeno
Friável	Ligeiramente dura a dura	Plástico	Pegajoso	Comuns	Médias	Muito pouco, esférico e pequeno
Friável	Dura	Plástico	Pegajoso	Poucas	Médias	Muito pouco, esférico e pequeno
Muito friável	Ligeiramente dura a dura	Ligeiramente plástico	Ligeiramente pegajoso	Raras	Médias	Muito pouco, esférico e pequeno
Ambiente Agroecológico (AA) – Argissolo Amarelo						
Muito friável	Ligeiramente dura	Ligeiramente plástico	Ligeiramente pegajoso	Comuns	Finas	Ausente
Friável	Ligeiramente dura	Plástico	Pegajoso	Raras	Finas	Ausente
Friável	Dura	Plástico	Ligeiramente pegajoso	Poucas a raras	Finas a médias	Ausente
Muito friável a friável	Ausente	Plástico	Ligeiramente pegajoso a pegajoso	Raras	Finas	Ausente
Friável	Ausente	Plástico	Pegajoso	Ausentes	Ausentes	Ausente
Ambiente de Cultivo de Ciclo Curto (AC) – Cambissolo Háplico						
Friável	Dura a muito dura	Ligeiramente plástico	Ligeiramente pegajoso	Poucas	Finas	Ausente
Friável	Muito dura	Ligeiramente plástico	Ligeiramente pegajoso	Raras	Muito finas	Ausente
Friável a firme	Dura a muito dura	Ligeiramente plástico	Ligeiramente pegajoso	Raras	Muito finas	Ausente
Friável	Ligeiramente dura	Ligeiramente plástico	Ligeiramente pegajoso	Raras	Muito finas	Ausente
Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Dominante, esférico, grande e duro
Ambiente de Fruticultura (AF) – Latossolo Amarelo						
Muito friável	Ligeiramente dura	Ligeiramente plástico	Ligeiramente pegajoso	Raras	Muito finas	Ausente
Muito friável	Ligeiramente dura	Ligeiramente plástico	Ligeiramente pegajoso	Ausente	Ausente	Ausente
Friável	Ligeiramente dura	Ligeiramente plástico	Ligeiramente pegajoso	Ausente	Ausente	Ausente
Friável	Ligeiramente dura	Ligeiramente plástico	Ligeiramente pegajoso	Raras	Finas	Ausente
Muito friável	Ligeiramente dura	Ligeiramente plástico	Ligeiramente pegajoso	Ausente	Ausente	Ausente

Descrição morfológica dos perfis de solos estudados no Assentamento Moacir Lucena, Chapada do Apodi-RN.

ANEXOS II



Perfis de solos estudados: A: Ambiente de Vegetação Nativa (VN - Latossolo Amarelo); B: Ambiente Agroecológico (AA - Argissolo Amarelo); C: Ambiente de Cultivo de Ciclo Curto (AC - Cambissolo háplico) e D: Ambiente de Fruticultura (AF- Latossolo Amarelo), Assentamento Moacir Lucena, Apodi-RN.



Principais ordens encontradas nos agroecossistema do Assentamento Moacir Lucena, Apodi-RN: A: Hymenoptera; B: Coleoptera; C. Araneae; D. Orthoptera; E: Chilopoda; F: Scorpionidae; G: Phasmatodea e H: Scutigromorpha.